

印刷

高等学校教材
工程专业系列教材



现代印刷技术

陈永常 主编



化学工业出版社
教材出版中心

印刷

工程专业系列教材

现代印刷技术

印刷机械

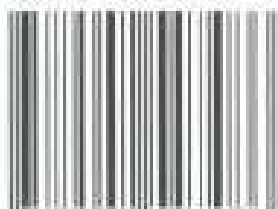
电子出版技术

印刷设备电气控制

印后加工技术



ISBN 7-5025-4748-7



9 787502 547486 >

ISBN 7-5025-4748-7/G · 1270 定价: 28.00元

高等学校教材
印刷工程专业系列教材

现代印刷技术

陈永常 主编

化学工业出版社
教材出版中心
·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

现代印刷技术/陈永常主编. —北京: 化学工业出版社, 2003. 8
高等学校教材. 印刷工程专业系列教材
ISBN 7-5025-4748-7

I. 现… II. 陈… III. 印刷-高等学校-教材
IV. TS8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 078326 号

高等学校教材
印刷工程专业系列教材
现 代 印 刷 技 术
陈永常 主编
责任编辑: 杨 菁
文字编辑: 林 媛
责任校对: 陶燕华
封面设计: 蒋艳君

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话: (010) 64982530
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京云浩印刷有限责任公司印刷
三河市东柳装订厂装订
开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 18½ 字数 452 千字
2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-4748-7/G · 1270
定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

由于数字化印刷系统在印前分色设计、广告设计、包装设计、印刷制版及办公自动化等领域的广泛应用,使设计工作者、印刷工作者迫切想了解现代印刷技术。

很多设计作品最终要制成印刷品,因此在设计时要考虑制作的内容符合制版、印刷的要求,而这些都需要印刷的相关知识。电脑平面设计的软件基本功能及其操作并不难掌握,难的是如何灵活运用它们完成设计工作,并避免设计作品在印刷过程中出现各种错误。所以对于图像设计人员,了解从设计到印刷的整个过程是非常重要的。同理,对印刷工作者也应该了解设计的基本过程,这对于把设计的作品最终变成印刷品也是很有好处的。

在印刷领域中的教学课程设置,现普遍分成两个不同的领域,一个是图像创意设计,另一个是印刷复制技术。这种课程设置的缺点明显表现在:设计专业的学生有创意设计能力,但对于自己设计出的作品能否变成印刷品,知之甚少;而那些印刷工程专业的学生,在印刷设计和版式设计方面的能力比较差。这样的人才在设计和印刷过程当中就不能进行有效的沟通,给印刷生产过程带来困难。如果设计人员和印刷技术人员彼此熟悉对方的工作,设计和印刷过程中出现的问题就很容易解决。当美术家、设计人员和印刷工作者都具有设计和印刷复制方面的基础知识的时候,整个设计及复制过程就变为一个整体。正是基于这样的考虑,作者将印刷设计和印刷复制技术一起纳入统一的教学大纲中,使它们有效地衔接起来。本书从印刷复制的实践出发,总结作者多年从事印前图文处理、分色制版原理、印刷工艺原理等方面教学和实践研究的体会写成。对于印刷的各个阶段的基础知识、基本原理、基本工艺过程及部分核心内容的常用技巧都做了详细的介绍。使读者从中既能学到印前设计方面的知识,又能学到整个印刷复制方面的知识。有关内容对于从事电脑平面设计的人员及从事印刷工作的人员都将有极大的帮助。

本书适合从事印刷出版、广告设计、包装设计、平面设计等工作人员阅读学习,并特别适合于印刷工程、包装工程和平面设计等专业的教材,对不同层次的读者都有一定的参考和指导作用。

该教材第一章~第六章由陈永常编写,第七章~第十章由刘筱霞编写,全书由陈永常统稿。

本书在出版过程中得到陕西科技大学专业建设资金的资助,在此表示感谢!

由于时间仓促,书中难免有错误之处,敬请读者批评指正。

作者

2003年7月

内 容 提 要

本书全面系统地介绍了印前图文处理、分色制版、印刷工艺等方面的基础知识、基本原理、基本工艺过程及常用技巧。内容涉及四个方面：一是印刷的基础知识，包括色彩的基础知识、色彩与阶调复制；二是印前图像处理的基本原理和方法，包括图像的获取、图像复制工艺中的层次校正、颜色校正、清晰度强调、黑版生成及图像加网技术；三是电子分色制版技术，包括电子分色制版的基本原理、方法，PS版的构成及制版方法；四是印刷的基本原理与方法，包括平版印刷、凸版印刷、凹版印刷、丝网印刷、柔性版印刷和数字印刷系统。总体来说，本书可以让读者了解从计算机印前设计和电子分色制版直到印刷乃至数字式印刷的整个印刷过程，可以全面提高设计者和印刷工作者的印刷知识水平。

本书内容丰富，注重理论联系实际，叙述问题简单明了、深入浅出。可供设计、印刷及包装等专业的学生作为教材使用；也可供从事印刷出版、广告设计、包装设计、平面设计等工作的人员阅读学习。

目 录

第一章 色彩的基础知识	1
第一节 色光加色法	1
一、光的三原色	1
二、色光混合规律	1
第二节 色料减色法	2
一、色料的三原色	3
二、色料混合规律	3
三、色料三原色的性质	4
四、加色法与减色法的区别	4
第三节 色彩的三要素及色立体	5
一、色彩的三要素	5
二、色立体	6
第四节 色彩模式	7
一、色彩模式的种类	7
二、RGB 图像和 CMYK 图像	9
三、色域空间	11
四、色域的映射	11
第五节 颜色的基本概念与物理作用	12
一、颜色的基本概念	12
二、色彩的物理作用	13
第二章 图文处理原理及图像数字化工艺	16
第一节 彩色桌面出版系统	16
一、彩色桌面出版系统的组成	16
二、页面描述语言的基本概念	17
三、彩色桌面出版系统设备	18
四、彩色桌面出版系统图文复制工艺流程	18
第二节 图像原稿的扫描输入原理和操作方法	19
一、图像原稿的输入途径	19
二、图像的数字化	20
三、数字图像的主要优点	21
四、图像扫描仪的基本性能和工作原理	22
第三节 原稿图像的扫描	25
一、扫描线条原稿	25
二、扫描灰阶原稿	26
三、扫描文字原稿	26

四、扫描彩色原稿	26
五、虚光蒙版	26
第四节 扫描仪的性能与参数	27
一、信噪比	27
二、位深	27
三、动态范围和密度范围	27
四、分辨率	28
五、清晰度	29
第五节 扫描参数的计算与调整	29
一、扫描参数的设定	29
二、扫描参数的调整	32
第六节 图像扫描的定标规律	36
一、全阶调定标法	36
二、特征阶调定标法	36
三、黑白场定标	37
第三章 图像的调整与校正	41
第一节 图像的调整	41
一、基本色和相反色	41
二、颜色宽容度	42
三、印刷色及印刷品的呈色	42
第二节 图像层次校正	42
一、重要校正工具的性能及用途	44
二、层次校正方法	48
第三节 颜色校正	51
一、颜色校正的前期要求和校正工具	51
二、颜色校正方法	57
三、颜色校正中的其它问题	59
四、层次调节和颜色调节的相互影响	59
第四节 图像清晰度强调	60
一、清晰度强调原理	61
二、图像锐化	62
三、去网处理	64
第四章 色彩与阶调复制	65
第一节 色彩复制原理	65
一、色彩的分解与合成	65
二、色误差的产生	67
三、蒙版原理	70
四、校色蒙版方程	71
第二节 阶调复制原理	73
一、图像复制的基本概念	73

二、阶调复制的必然压缩性	74
三、阶调与印刷的关系	75
四、阶调再现曲线	76
第三节 灰平衡	77
一、灰平衡的基本概念	77
二、灰平衡数据	78
三、出版系统中与灰平衡相关的问题	78
四、灰平衡数据的应用	79
第四节 灰色成分替代与非彩色结构工艺	79
一、颜色的三维空间属性	79
二、彩色中的非彩色成分	80
三、灰色成分替代原理	81
四、非彩色结构工艺	82
第五节 黑版计算与图像复制	84
一、黑版的作用与类型	84
二、黑版生成原理与方法	85
三、印前分色设置	86
第五章 电子分色机的基本工作原理与激光照排机的工作方式	90
第一节 分色的基本原理	90
第二节 电子分色机的组成和工作原理	91
一、电子分色机的基本组成和结构	91
二、电子分色机的基本工作原理	93
三、电分机原稿扫描输入单元的工作原理	94
四、电分机图像处理单元的工作原理	95
五、电分机分色片记录输出单元的工作原理	97
六、栅格图像处理器	98
第三节 桌面系统的 RIP 和激光照排机的工作方式	100
一、记录图文信息的形态	100
二、图文记录输出设备	101
第六章 加网工艺	103
第一节 传统加网方法	103
一、网点的意义和作用	103
二、网点形状	104
三、网线角度和角度差	106
四、加网线数及其选择	108
五、网点测量	109
六、网目调特征	110
七、加网方式	111
第二节 数字加网	113
一、数字网点构成特点	113

二、图像处理软件的加网功能	120
第三节 龟纹产生机理与控制	123
一、龟纹产生的原因	123
二、龟纹分布规律	124
三、龟纹的防止	125
四、阶调跳跃问题	125
第四节 网点增大及补偿校正	127
一、网点增大的概念和性质	127
二、印刷网点增大及补偿措施	128
第五节 调频加网与高保真彩色印刷	132
一、调幅网点与调频网点的区别	132
二、调频网点的制印特点	133
三、调频加网工艺与存在问题	135
四、常规高分辨率加网与调频加网的比较	137
五、高保真彩色技术	140
第七章 分色制版工艺设计的依据与整稿	143
第一节 分色制版工艺设计的基础	143
一、工艺设计的意义与作用	143
二、工艺设计的原则	143
三、工艺设计的依据	144
四、工艺设计的工作内容	144
五、影响复制品质量的因素	145
六、彩色制版印刷总体工艺设计	145
第二节 原稿的分析	147
一、原稿的分类	147
二、原稿的质量	147
三、原稿数据测量	149
第三节 整稿	155
一、整稿的内容和程序	155
二、整稿方法	155
第四节 检测量具与参数测试	157
一、规范化数据化工作内容	157
二、检测量具	159
第五节 油墨、纸张的印刷适性测定	166
一、油墨色度特性的测试	166
二、纸张印刷适性的检测	168
三、印刷与打样数据的测定	170
四、晒版数据的测试控制	178
第八章 各类原稿的特点及复制要点	180
第一节 反射原稿分析	180

一、国画	180
二、油画	183
三、水彩画	185
四、水粉画	186
五、版画	187
六、素描	188
七、彩色照片	188
八、新闻照片	189
九、黑白照片	190
十、印刷品复制	191
第二节 透射原稿分析	194
一、天然色正片	194
二、天然色负片	196
三、第二次原稿	196
四、人物肤色的处理	197
第九章 印刷工艺原理	207
第一节 凸版印刷	207
一、凸版印刷工艺原理	207
二、凸印版	207
三、凸版印刷工艺	210
第二节 平版印刷	212
一、平版印刷的基本原理	212
二、平印版	215
三、平版印刷工艺	222
四、无水平版胶印	228
第三节 凹版印刷	232
一、凹版印刷原理	232
二、凹印版	233
三、凹版印刷工艺	242
第四节 丝网印刷	244
一、丝网印刷原理	244
二、绷网工艺	246
三、丝印版	252
四、丝网印刷工艺	255
第五节 柔性版印刷	258
一、基本原理	259
二、柔性印版	259
三、柔印油墨	263
四、柔性版印刷工艺	264
第十章 数字印刷技术	270

第一节 概述.....	270
第二节 直接制版技术.....	271
一、直接制版技术工艺流程.....	271
二、目前较流行的直接制版系统简介.....	274
第三节 直接印刷技术.....	275
一、数字印刷技术工艺与优点.....	275
二、数字印刷机类型.....	276
三、数字印刷系统的工作原理.....	277
四、Indigo 系列数字式印刷机.....	277
五、数字印刷机发展趋势.....	280
第四节 直接数字式彩色打样系统.....	280
一、直接数字式彩色打样系统的作用.....	280
二、数字式彩色打样系统的输出模式.....	281
三、数字式彩色打样系统的特点.....	281
参考文献.....	282

第一章 色彩的基础知识

色彩是设计的重要因素，它可以对人产生不同的生理和心理的影响。一般来说，当人看到一个物体时，首先看到的是色彩，其次是图形和表面质感，也可以说色彩是人看到的第一视觉印象。色彩是由于光对人视神经的作用而产生的感觉，没有光就没有色，也就是说色彩来源于光，但光又必定伴随着色。那么色的光学合成是怎样的呢？光与色之间又有什么关系呢？

第一节 色光加色法

一、光的三原色

由光的波动原理可知：光的颜色是由光波的频率所决定的。日常生活中，人们常说的赤、橙、黄、绿、青、蓝、紫七色光，是人们视觉神经可以感受到的可见光的颜色。

光是一种电磁波，光波的波长在 380~780nm 之间，波长越短，折射越厉害。紫光最短，折射最大；红光最长，折射最小，其它各色光依次连续地分布在红光和紫光之间。比可见光波长更长的光线为红外线，更短的为紫外线和 X 射线。

白色的太阳光经过三棱镜折射后，分解成七色光谱（光带），再通过凸透镜汇聚起来，又形成白光，这就说明白光是由各种单色光复合而成的复色光。

如果白光色散的不是很充分时，即各种波长的色光不是分得很开，而且彼此互有重叠，可以发现红、绿、蓝三种色光大约各占光谱的三分之一，而黄、橙、青只占光谱中很窄的一部分。从一系列色光的混合实验中发现，红光、绿光、蓝光三种色光以不同的能量比例混合，将会产生自然界中的各种色彩，所以把红光、绿光、蓝光三种色光称为色光的三原色。

国际上统一规定，光的三原色波长为：红光 700.00nm、绿光 546.1nm、蓝光 435.8nm。

所谓原色就是指基本的颜色，即由它们可以匹配出成千上万的颜色。并不是任何一种颜色都能称作原色，它是有一定要求的：

- ① 原色是不能由其它颜色匹配而成的；
- ② 原色以不同比例混合能再现许多新的颜色。

红光、绿光、蓝光三色光合成了自然界中的一切色彩。也就是说，物体的不同色彩只是包括了不同成分的红光、绿光、蓝光，假如用拍摄的方法分别记录下物体所含三种原色光的相对量，则可以用这三个记录的结果重合起来，配成原来物体的颜色。彩色胶片就是利用这个原理，由三层感光乳剂组成的彩色感光片。

二、色光混合规律

在日常生活中，人们都知道，波长相同的光能引起相同的颜色感觉，而波长不同的光按一定比例混合，同样也能产生相同的颜色感觉，人们把这种效应称之为色光加色法。即两种或两种以上的色光，同时反映于人的眼睛时，视觉便产生另一种色光的效果，这种色光相混

合，产生综合色觉的现象，称为色光加色法或色光的加色混合，色光加色得到比原来色光亮的新的色光。

色光混合有如下规律。

(1) 两原色等量混合规律

$R(\text{红色}) + G(\text{绿色}) = Y(\text{黄色})$ $G(\text{绿色}) + B(\text{蓝色}) = C(\text{青色})$ $B(\text{蓝色}) + R(\text{红色}) = M(\text{品红色})$

如图 1-1 所示，三个大圆分别代表 R、G、B 三原色，两两相交生成的颜色表示了两色的混合规律。

(2) 三原色等量混合规律

$$R + G + B = W (\text{白色})$$

如图 1-1 所示，三个圆相交区域生成的颜色为白色。它与太阳光谱中七色光经凸透镜的汇聚得到白光的原理是相同的。

(3) 亮度相加律 混合色的总亮度等于参与混合各色亮度的总和。也就是说，色光加色法混合的成分越多，颜色的亮度越大。这也是为什么用 RGB 色彩模式定义颜色时，数值越大，颜色越亮的原因。

(4) 两原色非等量混合规律 两原色非等量混合产生一系列的中间色，如 R、G 非等量混合产生色相环中 G 和 R 之间的颜色，G 的成分多颜色就偏向绿色，R 的成分多颜色就偏向红色；同理，B、G 非等量混合产生色相环中 G 和 B 之间的颜色，G 的成分多颜色就偏向绿色，B 的成分多颜色就偏向蓝色；B、R 非等量混合产生色相环中 R 和 B 之间的颜色，R 的成分多颜色就偏向红色，B 的成分多颜色就偏向蓝色（见图 1-2）。

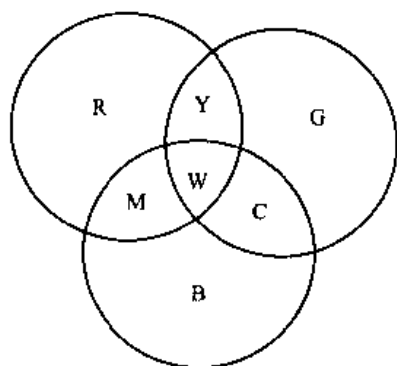


图 1-1 色光加色法

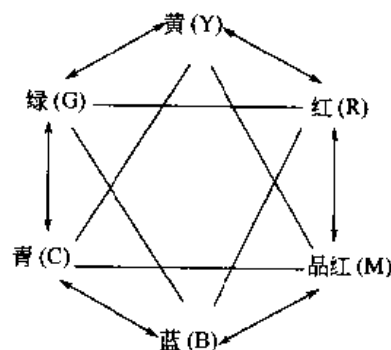


图 1-2 色相环

(5) 补色律 每一种颜色都有一个相应的补色，若某一颜色与其补色以适当比例混合，便产生白色或灰色，若两者按其它比例混合，得近似于比例大的颜色。以圆心为对称点的颜色互为补色，如

$$R + C = W \quad G + M = W \quad B + Y = W$$

第二节 色料减色法

颜色介质有两大类：一类是色光介质，如电视机、电脑的颜色；一类是色料介质，如颜料、印刷油墨、染料等。不管是什么介质，其呈色都离不开光。色光介质的颜色感觉是色光直接刺激人眼的结果；而色料介质则是可见光（白光）照射在色料上，经色料吸收，然后反

射剩余色光的结果，也离不开光。

一、色料的三原色

色料的混合或有色透明体的叠加也能形成新的颜色，那么什么是色料呢？色料是指颜料、印刷油墨、染料等。颜料是不溶于溶剂的色料，而染料是溶于溶剂的色料，印刷油墨中使用颜料。

色料三原色是青（C）、品红（M）、黄（Y）。这三种色料是混合产生其它色料的基本成分，而这三种色料本身各自独立，即其中任何一种色料都不能由其余两种色料混合产生，并且由这三种色料可以合成成千上万的颜色，所以将 C、M、Y 称为色料三原色。

从复合的白光中，减去某种单色光（或几种单色光），得到另一种色光的效果，称为减色法。如

$$W-R=C \quad W-G=M \quad W-B=Y$$

在日常生活中，人们都知道滤色片具有滤色效果。如果用白光来透过滤色片时，就会发现滤色片吸收了它的补色光，如图 1-3 所示。黄色滤色片吸收了白光中的蓝光，通过红光和绿光，红光和绿光同时作用于人的视神经时，便产生了黄色的感觉，其余同理。

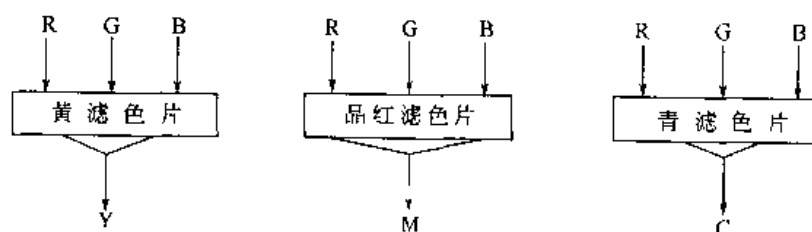


图 1-3 滤色片色光相减的情况

如图 1-4 所示，如果让白光分别通过黄+品红、品红+青、青+黄三组滤色片时，可得到红、绿、蓝三原色；而当白光通过黄+品红+青三层滤色片时，红、绿、蓝三原色均被吸收，什么光也不能透过。

由此可见，以不同比例的黄、品红、青三减色色料相叠合，也可以得到各种不同的颜色，故把黄、品红、青称为色料的三原色，这种利用减色相加合成颜色的方法称为色料的减色法。

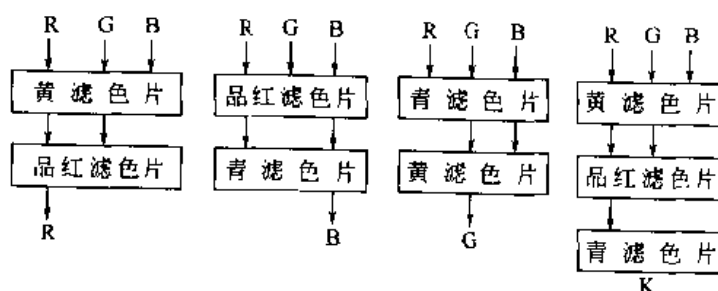


图 1-4 多层滤色片色光相减的情况

二、色料混合规律

(1) 两原色等量混合规律

$$C+Y=G \quad M+Y=R \quad M+C=B$$

如图 1-5 所示，三个大圆分别代表 C、M、Y 三原色，两两相交生成的颜色表示了两色的混合规律。

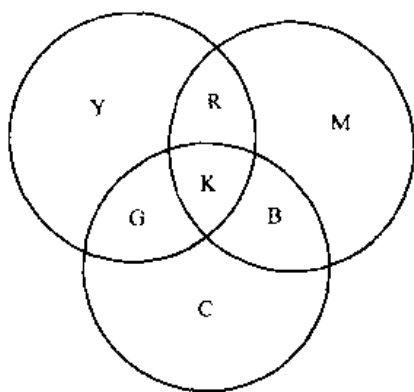


图 1-5 色料减色法

(2) 三原色等量混合规律

$$C+M+Y=K \text{ (黑色)}$$

如图 1-5 所示，三个圆相交生成的颜色为黑色。

(3) 亮度相减规律 减色法混合的色数，成分越多，颜色的亮度越小。若将三原色同时混合变成黑色，因为白光中包含的色光（R、G、B）分别被 C、M、Y 所吸收，没有剩余的色光可反射，故变成黑色，即

$$Y+M+C=K=W-R-G-B$$

这也是为什么用 CMYK 色彩模式定义颜色时，数值越大，颜色越暗的原因。

(4) 两原色非等量混合规律 两原色非等量混合产生一系列的中间色（见图 1-2）。C、M 非等量混合产生色相环中 C 和 M 之间的颜色，C 的成分多颜色就偏向青色，M 的成分多颜色就偏向品红色；同理，M、Y 非等量混合产生色相环中 M 和 Y 之间的颜色，M 的成分多颜色就偏向品红色，Y 的成分多颜色就偏向黄色；C、Y 非等量混合产生色相环中 C 和 Y 之间的颜色，C 的成分多颜色就偏向青色，Y 的成分多颜色就偏向黄色。

(5) 补色规律 同色光加法一样，每一种色料颜色都有一个相应的补色，若某一颜色与其补色以适当比例混合，便产生黑色或灰色；若两者按其它比例混合，得近似于比例大的颜色。以圆心为对称点的颜色互为补色，如

$$R+C=K \quad G+M=K \quad B+Y=K$$

三、色料三原色的性质

(1) 色料三原色中的每一种色相，都是光的三原色中的某两种色光混合的结果 减色法中减去品红色，剩下黄和青，形成绿色（加法法中的原色之一），这个绿色即为品红的补色，它们的关系即为互补色。

减原色品红相当于加原色绿，纯度最饱和。

减原色黄相当于加原色蓝，明度反差最大。

减原色青相当于加原色红，冷暖最强烈。

(2) 色料的三原色以不同的比例混合后，可以获得除白色以外的任何色相 呈色如下：

$$C+Y=G \quad M+Y=R \quad M+C=B \quad C+M+Y=K$$

四、加法法与减色法的区别

无论是加法法的三原色，还是减色法的三原色，在抽掉其中任何一原色时，剩下的另两种原色相加即为其原色的补色，而这个补色正是另一法三原色的其中之一。换句话说，任何一法的三原色，其中的二原色相加就等于另一法中的一种原色。例如：减原色品红相当于加原色绿等。

任何一对互为补色相加即为全色。加法法混合的结果为白，减色法混合的结果为黑。因为加法法的性质是光（电磁波）混合，越加越亮；而减色法的性质是色料（有机、无机物质）混合，越混越暗。

在光学中，补色关系被称为主色和补色，亦即主波长和补波长；在艺术色彩学中，补色关系被称为基本色与相反色。

色光加法法和色料减色法是截然相反的两个概念，其区别见表 1-1。

表 1-1 加色法与减色法的区别

项 目	加 色 混 合 法	减 色 混 合 法
原色	R、G、B	C、M、Y
色彩变化	$R+G=Y$ $R+B=M$ $G+B=C$ $R+G+B=W$	$M+Y=R$ $M+C=B$ $Y+C=G$ $C+M+Y=K$
色的合成本质	色光混合后,光能量增加	颜料(染料)混合后,光能量减少
混合后色彩变化	色彩更加鲜艳	色彩更加暗淡
混合方式	色光连续混合	透明层叠合,颜料混合
用途	计算机显示器、扫描仪、彩色电视机、彩色电影等	彩色印刷、彩色摄影、颜料混合等

光的三原色和色料的三原色之间存在着互补的关系,色料的三原色色相,是白光中减去三原色光中的某一种色光后所呈现的色相,因此可以分别借助红、绿、蓝滤色片的色相,进行分色制版,得到青、品红、黄的分色负片,再翻拍或拷贝成正片。

第三节 色彩的三要素及色立体

印刷工业是以色彩的复制为中心,每天都要接触到诸如彩色原稿、彩色油墨、彩色印件等各种色彩,因此需要有一种公认的色彩语言和规范。目前世界上现存的比较著名的描述色彩的表色系统和方法,可以分为两大类:一类是颜色的显色系统表示法(Color Appearance System);一类是颜色的混色系统表示法(Color Mixing System)。显色系统表示法是在实际色样的基础上,根据色彩的外貌,按直观颜色视觉的心理感受将色有系统、有规律地排列,并给以相应的文字和数字标记,它是在真实样品基础上的色序系统,如孟塞尔表色系统、德国 DIN 表色系统、瑞典的自然色系统、日本的彩度顺序表色系统等均属此类。混色系统表示法不需要汇集实际色彩样品,而是基于三原色光(红、绿、蓝)能够混合匹配出各种不同的色彩所归纳的系统。到目前为止,最重要的混色表色系统是用仪器测量色彩的 CIE 系统。印刷工业中常用的密度计测色法,如果是用红、绿、蓝三个滤色镜分别测量某色彩样的密度值,并用这三个密度值来表示该色彩样的话,应属于色彩的混色系统表示法。

一、色彩的三要素

国际上统一规定了鉴别色彩的三要素是色相、明度和饱和度,这是颜色的基本特征,缺一不可。

色相(Hue,记为 H)是一种颜色区别于另一种颜色最显著的特性。它是用以判断颜色是红、绿或是其它的色彩感觉。光源的色相是其辐射的光谱对人眼所产生的感觉。物体的色相取决于物体对可见光进行选择吸收后的结果,即可见光谱不同波长的辐射在视觉上就表现为不同的色相,如 R、Y、G、B 等即为不同光谱波长的色相。而颜色是与人的感觉(外界的刺激)和人的知觉(记忆、联想、对比)联系在一起的,是一种物理刺激作用于人眼的视觉特性,这种视觉特性也是一种心理反应。实际上,存在同一色相的颜色不同,因为衡量颜色还有另两个属性即明度和饱和度。比如,色相均为红色,但有深红、淡红、纯红等颜色,这就是由于明度和饱和度不同引起的。

明度(Lightness,记为 L)是人们所感知到的色彩的明暗程度,与观察者所处环境的照度有关。同一色相,对光的反射量不同,可以呈现不同的明度,如紫红、大红、朱红、橘红等,层次很多,每一种色都有从浅到深、从暗到亮的层次变化。不同色相之间明度也可能

不同，如紫红与浅绿的色相和明度都不同。

亮度与物体表面的色彩反射的光量有关。一般来说，彩色物体表面的反射光量愈多，它的亮度越高。明度是一个心理颜色概念，是指人们所感知到的色彩的明暗程度，它是以亮度为基础的，但不等同于亮度。

饱和度 (Saturation, 记为 S) 是指色彩的鲜艳程度，是彩色与非彩色 (中性灰色) 的区别的大小。如果在标准的颜色中加入白色，就破坏了原有的纯度，加白色后明度提高，饱和度降低；如果在标准的颜色中加入黑色，明度降低变暗，饱和度也降低；加灰色也可降低色相的饱和度。

可见光谱的各种单色光是最饱和的，彩色光谱色中掺入的白光成分愈多，就愈不饱和。因此光谱色色彩的饱和度，通常以颜色白度的倒数表示。对减色法空间的颜色来说，饱和度也可理解为含彩色多少的程度，亦可说含“灰”的程度。若饱和度高，则含中性灰量少；若饱和度低，则含灰量多。因此，不饱和的、含灰量多的色料和彩色油墨，其颜色不鲜艳，给人以“浑浊”的灰色感觉。

不同色相的颜色，所达到的饱和度是不同的，其中红色饱和度最高，绿色较低，其它色相居中。饱和度高的色彩，感觉强烈、鲜艳、刺激；饱和度低的色彩，感觉稳重、含蓄、柔和。

对颜色而言，饱和度变化有两个趋势：一是变亮，相当于掺入白色成分；二是变暗，相当于加入灰色成分或黑色，颜色的饱和度降低。

二、色立体

目前应用最广泛的是美国画家孟塞尔 (A. H. Munsell) 色立体，是一种采用颜色立体模型来表示颜色的方法。这是目前国际上最广泛采用的作为分类和标定物体表面色的方法 (包括颜料、彩色油墨、印刷品等)，如美国国家标准学会和美国材料测试学会已将其作为颜色标准；日本的颜色标准也以孟塞尔色系为基础；英国标准学会在标定标准颜色时，也用孟塞尔标号。孟塞尔立体模型把色彩三要素全部表示出来，处于色立体模型中的每一部位各代表一个特定的颜色，并给以一定的标记，如图 1-6 所示。色立体的中心轴称无色轴，表示黑白之间的明度变化，白在上，黑在下，中间为灰色；接近无色轴的纯度低，远离无色轴的纯度高。

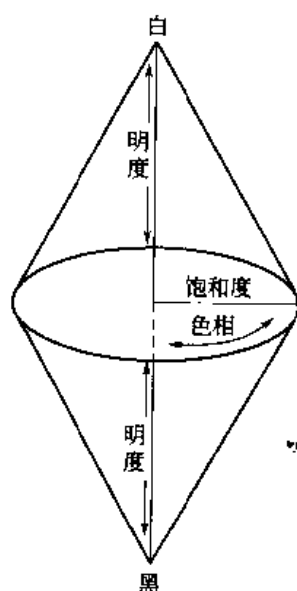


图 1-6 色立体

在色立体中，垂直于无色轴的剖切面将得到同一明度的色彩，即色相环，如图 1-7 所示，包含无色轴的剖切面 (一半)，将得到某一色相，不同纯度的色彩。色相相同的色彩排列在以无色轴为一边所组成的长方形内，称为色相面，如图 1-8 所示，各色的位置越高，则明度越高，反之则明度降低。

1. 孟塞尔色相 (Hue, 记为 H)

孟塞尔色相是以红 (R)、黄 (Y)、绿 (G)、蓝 (B)、紫 (P) 5 色为基础，中间再加橙 (YR)、黄绿 (YG)、蓝绿 (BG)、蓝紫 (PB)、紫红 (PR) 5 个色相，共 10 个主要色相作为色相环。再把这 10 个色相各划分成 10 个等级，共 100 个色相，用数字 1~10 和字母表示，如 2R、5Y、8YG 等；各色相的第 5 号，如 5R、5Y、5PR... 是该色相的代表色相，可省略表示为 R、Y、PR... 等。

6

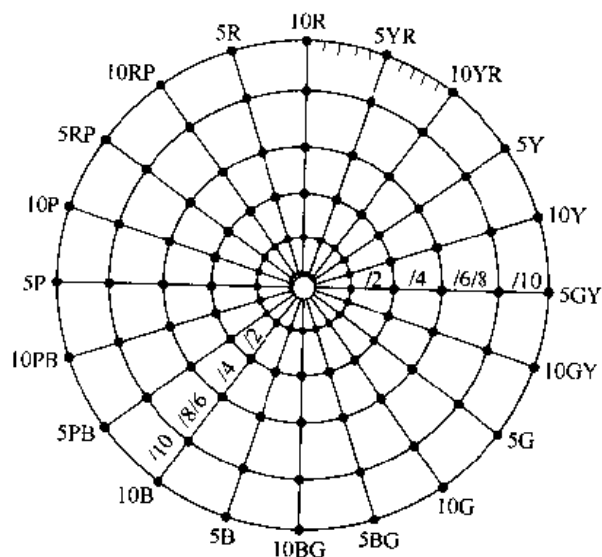


图 1-7 色相环

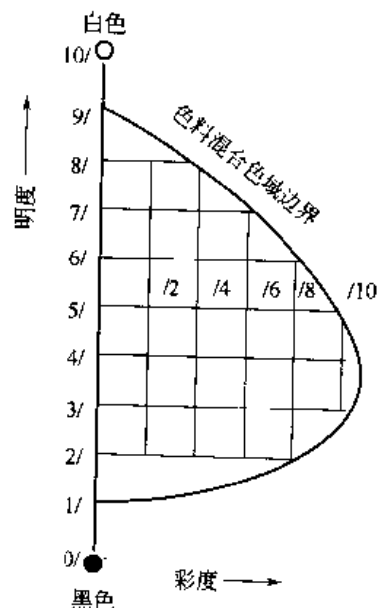


图 1-8 色相面

2. 孟塞尔明度 (Value, 记为 V)

孟塞尔色系采用了主诉明度 (Value) 的方法, 以色立体的中央轴代表无彩色黑、白系列的消色轴, 并按感觉上的差距相等 (等明度差), 从 0~10 共分 11 个等级。在 0 (黑) 到 10 (白) 之间加入等明度渐变的 9 个灰色, 用 N_0 、 N_1 、 N_2 ... 表示。对不同色相的彩色则用与它等明度的灰色 (消色) 来表示该彩色的明度, 记为 1/、2/... 等, 如图 1-8 所示。

3. 孟塞尔彩度 (Chroma, 记为 C)

孟塞尔彩度表示颜色离开相同孟塞尔明度值灰色的程度, 无彩色轴上 $C=0$ 。离无彩轴越远, C 值越大, 纯度也越高, 用数字 0~20 表示。20 是能够产生的最强颜色样品, 只有个别最饱和的颜色彩度可达到 20。因为彩度是根据色相的明度的不同来划分等级的, 即使是同一彩度, 如果色相和明度不同, 则包含的灰色味的比例也不同, 表示为 1/、2/、3/...

孟塞尔色系表示法: 色相·明度/彩度, 即 HV/C 。如颜色标号 5R4/14, 表示色相为 5R, 明度为 4, 彩度为 14 的鲜红色。对于无彩色的白黑系列中性灰用 N 表示。 $C=0$, 则表示为 $NV/$, 如 $N5/$, 即明度值为 5 的中性灰色。

孟塞尔色系是从视觉心理的角度, 根据人的视觉特性, 以等间距的方法对颜色进行分类和标定的, 但在当时的条件下, 很难做到这一点, 因此, 在 1943 年美国光学学会的孟塞尔颜色编排小组委员会, 按照视觉上等距的原则, 制定出《孟塞尔新标系统》。目前美国和日本出版的《孟塞尔颜色图册》是新标系统的图册。由于孟塞尔新标系统有 CIE 色度标准测量数据, 因而孟塞尔系统表色法 (简称为 HVC 表色法) 很容易转换为 CIE XYZ 系统表色法, 这有利于工业上将颜色标定数据化和标准化, 所以孟塞尔系统是一种较科学的表色方法。因此在印刷行业推广 HVC 表色法对印刷色彩标准化、数据化工作将有着积极的意义。

第四节 色彩模式

一、色彩模式的种类

无论是在计算机上还是在印刷时, 都需要用一种方法来描述不同的颜色。色彩学上把表

色方法也称颜色模型或色彩模式。表示颜色模型的类型很多，每一种都从不同角度描述颜色，但不同的色彩模式适用于不同的场合，且准确性是不同的。

当人们工作时遇到数字颜色时，必须丢掉所见即所得的观念——WYSIWYG。除非使用非常昂贵、结合了颜色管理系统的显示器，否则在屏幕上看到的是与设备相关的彩色组成的图像。但是，可以采用与特定设备无关的方法来保存颜色。这些图像数据代表的是绝对颜色，就像可以用色度计进行测量。人们称这种颜色为与设备无关的颜色。通过建立一种对应关系，说明特殊设备的表示颜色的方法与这些绝对、独立颜色模型之间的区别，可将与设备无关的颜色转换成与设备相关的颜色，这种表示方法叫做建模（Modeling）。而颜色模型则是将图像数据中的每个数值精确地指定在颜色空间（Color Space）中的特殊位置上，颜色空间是将结合组成给定颜色的三个要素直观化的一种方法。

在颜色模型中，最大的区别在 RGB、CMYK 与 Lab 之间。RGB 和 CMYK 建立光线的物理属性模型，但不真正表示各种颜色；Lab 客观地描述颜色，但不规定如何在指定的显示器或打印机上表示颜色。HSB（或 HSL，或相似的模型）至今有多种方法更直观地表示颜色，它们既不在信息的保存方法上有一对一的相互关系，也没有知觉基础。

1. RGB 模式

RGB 模式又称 RGB 色空间。它是一种色光表色模式，广泛用于人们的生活中，如电视机、计算机显示屏、幻灯片等。印刷出版中常需扫描图像，扫描仪在扫描时首先提取的就是原稿图像上的 RGB 色光信息。RGB 模式是一种加色法模式，通过 R、G、B 的辐射量，可描述出任一颜色。在显示屏上显示颜色或进行颜色定义时，往往采用这种模式，如用于电视、幻灯片、网络、多媒体，一般使用 RGB 模式。RGB 三种成分的取值范围是 0~255（对于 48 位 RGB 模式是 0~65535）。R、G、B 均为 0 时就形成了黑色，表示没有刺激量；R、G、B 均为 255 时就合成了白色，表示刺激量达最大值。

尽管有许多高档扫描仪都能够直接扫描输出 CMYK 图，但任何扫描仪都是使用白光扫描图像表面，然后收集其反射或透射的色光信息，再通过分色转化成 CMYK 四色图像的。

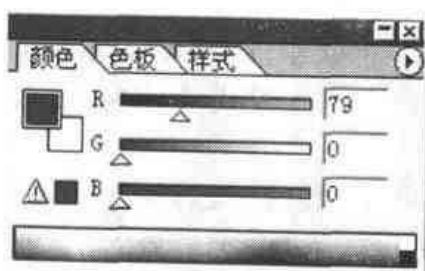


图 1-9 RGB 调色板

另外，不管图像模式是 RGB、CMYK、Gray、Lab，只要其显示于计算机屏幕上，都必须通过计算机对图像进行内部转换及采样后在屏幕上用光的形式显示。RGB 颜色模式下的各颜色分量都可以在调色板中调整或设置。如图 1-9 所示。

RGB 数值描述颜色空间中的特定位置，而不是那种颜色应该“真正”看起来像什么。当人们走进电子商店，看到柜台上的电视机都播放着相同的节目，但实际上没有

两个是完全相同的。计算机显示器比电视屏幕校正得更好、更一致，但原理是一样的。各种电视都以不同的方法显示相同的信息。所以每种设备，无论是输入设备、显示设备或输出设备，都有不同的 RGB 数值表示方法。有时，RGB 数值只有一小点偏差；而有些时候，图像看起来完全不同。这个偏差很大程度上取决于创建颜色的材料种类。在显示器中，不同的磷光体会产生些微不同的颜色。对于打印机来说，不同的设备之间油墨的变化范围很大；不同公司制造的两台相似的喷墨打印机，会产生巨大的颜色偏移。

2. CMYK 模式

CMYK 模式又称 CMYK 色空间。对从事印刷业的人员来说，CMYK 是最熟悉不过了。

这种模式是通过青、品红、黄、黑四色印刷油墨叠印到承印物上形成图像产生颜色的，遵循减色法混合规律。CMYK 模式实质指的是再现颜色时印刷的 CMYK 网点的大小，因此在 Photoshop 中四色分量的数值范围为 0~100%。数值越大，颜色越深；C0 M0 Y0 K0 表示白色，C100% M100% Y100% K100% 表示黑色。与 RGB 颜色模式一样，CMYK 颜色模式下的各颜色分量也可以在调色板中调整或设置，如图 1-10 所示。

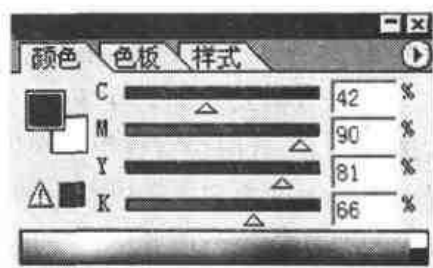


图 1-10 CMYK 调色板

CMYK 颜色用于一对一对应地描绘创建胶印和数字彩色印刷颜色所使用的油墨、颜料和蜡。遗憾的是，每种设备使用不同的着色剂，这意味着一台印刷机上的 CMYK 模式看起来与另一台上的 CMYK 模式并不相同。事实上，两种不同的油墨用在相同的印刷机中，所得到的结果也是不同的。

正因为如此，建议尽量少在屏幕上使用 CMYK 模式。当颜色从一种空间转换到另一种颜色空间时，会丢失一些信息，而 CMYK 颜色是真正预定的、与设备高度相关的最终转换形式。

在 RGB 模式中工作，并在该模式中保存最终阶段的图像，可以在不同的印刷机、彩色打印机和其它输出设备上重新预定所需的图像。

3. Lab 模式

Lab 模式是人类视觉的颜色空间。它依照的是视觉惟一的原则，即在色空间内相同的移动量在眼睛看来造成彩色的改变感觉是一样的，是均匀色度空间。Lab 颜色模式是与设备无关的颜色模式，是一种独立于各种输入、显示、输出设备的表色体系。一个 Lab 颜色数值在任何时候、任何设备上都是惟一的，它解决了各种设备间颜色匹配的问题，如显示器、印刷机、扫描仪、打印机等的颜色，并能作为中间色实现各种设备间的颜色转换。正因为 Lab 颜色具有这一特性，它被广泛用于色彩管理系统中，是一种极为重要的表色标准，通常用到的模式转换，如 RGB 转 CMYK 的分色过程，都要用到 Lab 模式。

在 Lab 模式中，L 表示亮度，可在 0~100% 的范围变化；a 表示色调从绿色到红色的范围内变化的颜色分量；b 表示色调从黄色到蓝色的范围内变化的颜色分量。两个分量变化值的范围都是 -120~+120，当 a=b=0 时表示灰色，同时 L=0 时表示黑色，L=100 时表示白色。Lab 颜色可通过分通道显示各自的色彩，也可通过 Lab 调色板对 Lab 图像进行编辑。

在上述表色方法中，最常用的定义颜色方法是 CMYK 色彩模式，因为它相对来说要简单些，四个分量的数量体系是一致的，且变化级数是最少的，数值范围是 0~100%。其它几种方式的分量意义不一，数值范围有差别。最主要的是有输入有输出，大多数情况下，最终要将设计内容以色料的形式表示出来，而 CMYK 色彩模式就是色料的色彩模式，表达最准确。再者，在表色时有许多出版的相应的色谱、色卡作为参考。

二、RGB 图像和 CMYK 图像

RGB 图像和 CMYK 图像是图像处理软件使用最多的图像模式，其中 RGB 图像适合于在计算机显示器或电视屏幕上观看，它可以直接传送到非 PostScript 彩色打印机上输出；CMYK 图像是与四色套印工艺一致的图像模式，它由 4 个颜色通道组成，每种颜色以 8 位表示，其中黑色版的生成方法取决于分色参数的设置。

1. RGB 图像与 CMYK 图像的相互转换

在从 RGB 图像转换到 CMYK 图像时, Photoshop 的图像模式转换机制将 RGB 图像分解为四种颜色, 原图像中的红、绿、蓝颜色值首先经过一个向 Lab 值的中间转换, 然后再转换到 CMYK 值。由 RGB 图像转换为 CMYK 图像, 实际上完成了图像的分色工作。

与 Lab 模式不同, 在 RGB 和 CMYK 两种模式之间转换图像会改变原始颜色值。因此, 在进行由 RGB 图像或索引彩色图像向 CMYK 图像转换之前, 必要时需建立原 RGB 图像或索引色彩图像的副本, 以备重新转换时使用。由于在进行 RGB 和 CMYK 间的相互转换时, 每次都要计算颜色值并按计算的颜色值圆整, 从而导致颜色信息的丢失, 所以不应当在这两种图像模式间多次来回转换。

(1) 准备 CMYK 转换 在把图像从 RGB 模式转换到 CMYK 模式前有两种方法了解最终的转换结果。

① 预视 CMYK (CMYK Preview) 颜色命令 该命令可以预视当前的 RGB 图像转换为 CMYK 图像后的结果, 可以从该命令中选择 CMYK、C、M、Y、K 或 CMY 子命令分别预视转换后各主色版的转换结果、转换为 CMYK 后的综合结果或转换为 CMY (没有黑版) 的综合结果。

② 超过色域警告命令 (Gamut Warning) 该命令用于了解当前 RGB 图像中超过色域的颜色, 并在其激活状态下用海绵工具纠正, 使 RGB 图像中超过 CMYK 色域的颜色进入 CMYK 色域。

(2) 分色方法 从 RGB 图像转换到 CMYK 图像的关键是如何定义 CMYK 颜色空间, 有以下三种方法来定义 CMYK 颜色。

① 内置分色选项 Photoshop 的内置分色选项允许用户规定油墨和分色参数, 软件按照输入的参数自动确定网点扩大值, 用户也可以利用自己的经验指定网点扩大值。如果打样结果表明需要改变分色参数, 则可以返回 CMYK Setup 对话框调整网点增大值、油墨特性和灰平衡等。

② 用 ICC 样本文件定义 CMYK 颜色空间 这一图像模式转换方法以用户选择打印机打印的 ICC 样本文件为基础定义 CMYK 颜色空间, 软件的颜色管理模块 (Color Management Module CMM) 将图像中的颜色映射到打印机色域或映射到打印机可打印的颜色。为了正确地把颜色映射到已经打印出的色域, 还得根据应用需要选择一种渲染方法 (Rendering Intent) 以实现颜色的正确转换。

③ 用分色表转换 利用内置的分色表或用户自定义的分色表也可以定义 CMYK 颜色空间, 分为从 RGB 到 CMYK (To CMYK Table) 和从 CMYK 到 RGB (From CMYK Table) 两种。

(3) 颜色损失 当把一幅 RGB 图像转换到 CMYK 图像时, 如果采用不同的黑版生成方法将得到不同的转换结果。此外, 多次在 RGB 图像和 CMYK 图像间来回转换将引起颜色损失。因为 RGB 色域与 CMYK 色域并不完全等同, 对于 RGB 模式下超出 CMYK 色域的颜色, 即使用印刷方式无法再现的颜色, 在颜色转换过程中, 其颜色空间映射算法并不是完全可逆, 因此该部分颜色信息在转换过程中将部分损失。而对于 RGB 图像落在 CMYK 色域中的颜色信息, 则基本上没有丢失。

2. RGB 图像、CMYK 图像与 Lab 图像间的转换

Lab 图像模式是与国际照明委员会规定的均匀颜色空间相一致的图像模式, 它用数字方

法描述颜色，是与设备无关的色空间。通常，软件在进行从 RGB 到 CMYK 模式的转换时以 Lab 模式为转换枢纽和基准以减少转换时的颜色损失。

RGB、CMYK 和索引颜色 (Indexed Color) 图像都可以转换为 Lab 模式，Lab 色域 (或称为颜色范围) 包含了整个 RGB 和 CMYK 的色域。由于 Lab 颜色与设备无关，所以在系统间转换图像以及在 PostScript Level 2 输出设备上打印图像时，建议采用 Lab 模式。但需注意，某些 PostScript Level 2 解释器 (RIP) 不支持直接输出 Lab 图像，若发生了这一情况，则还需把图像转换为 CMYK 图像再输出。

RGB 图像被转换为 Lab 图像后虽然色彩通道仍然是 3 个，但这时的三个通道不再是红、绿、蓝通道，而是一个亮度 L 通道和两个颜色通道 a 和 b，其中通道 a 是由绿色到品红间的颜色范围，而通道 b 则是由蓝色到黄色间的颜色范围。

三、色域空间

在 RGB、CMYK 和 Lab 中编辑图像，其本质的不同是在不同的色域空间中工作。色域就是指某种表色模式所能表达的颜色数量所构成的范围区域，也指具体介质如屏幕显示、打印机输出及印刷复制所能表现的颜色范围。自然界中可见光谱的颜色组成了最大的色域空间，该色域空间中包含了人眼所能见到的所有颜色。在色彩模式中，Lab 色域空间最大，它包含 RGB、CMYK 中所有的颜色，如图 1-11 所示。马蹄形轨迹是人眼能够识别的颜色范围，马蹄形轨迹内任一点表示一个颜色，所有颜色组成的集合就是人眼能识别的颜色色域。那么 RGB 色域就是色光表色法所能表示颜色的集合，CMYK 色域就是用色料表示的集合。从图 1-11 中可以看出，RGB 色域比 CMYK 色域要大些。色域空间图具体说明了每一个色空间的大小及三者的相互关系。只要是 RGB 或 CMYK 范围之内的，就一定存在于 Lab 范围之中。RGB 和 CMYK 色空间既相互包容主要部分，又有很少部分互相超越。很明显，在进行模式转换 (如 RGB 转 CMYK 或 CMYK 转 RGB) 时，会有颜色的丢失，超过对方色空间部分就不能准确表现。从图 1-11 中可以看出，RGB 色域比 CMYK 色域要大些。由于显示器的生产厂商不同，虽然它们都是用 RGB 表示颜色，但各种显示器的色域也是不同的。

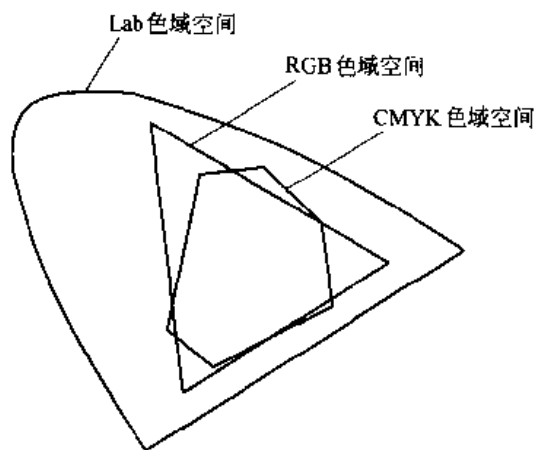


图 1-11 色域空间

注意：读者若想知道哪些颜色不能正常转化，只要通过色域警告 (超色域) 来显示。

四、色域的映射

各种和设备相关的色彩空间的色域范围和大小都是有区别的。因此，在进行色彩传递和复制的过程中要有一个清醒的认识：即使使用了先进的色彩管理方法，也无法保证原稿图像和显示器上的颜色能够在印刷和打印过程中全部真实地再现出来，这是由于印刷方法无法再现某些范围内的颜色的缘故 (当然，以高保真的彩色胶印技术为代表的新一代印刷技术的表现色域将有较大的扩展)。在由大空间向小空间的传递映射过程中，许多期望的颜色都无法印刷出来，所以不得不做出让步，以使落在印刷色域外的颜色能够按一定的效果要求进行处理，其算法有许多种类，其中有代表性的是以下两种基本形式。

1. 比色法

在此算法中，印刷色域之外的原稿颜色可以通过在色域范围之内寻找最为接近的颜色进行替代，实际也就是用边界色替代域外色，而可复制范围内的颜色并不改变。这种方法一般是用于着色色彩或是专色所构成的色块结构的图形画面处理上。因为这样被替代色的色彩偏差对整个画面效果影响较小。

2. 摄影法

这种处理方法特点是将整个大范围内的颜色整体压缩到小范围颜色空间相对应的各点上，并保持原稿的颜色之间相对差异（相对位置关系）。值得注意的是，即使是原稿中原来属于小范围颜色空间内的颜色也必须改变其原来位置。使用这种方法处理后的效果类似于阶调压缩和色彩覆盖范围压缩。它对于彩色照片之类的连续调图像的处理最为合适，因为它不会影响整个色彩之间的微妙细节过渡和层次差别。而如果采用比色法，由于色彩的并级和替换，就会使原稿的细节变得平淡而产生卡通式的无层次差别的彩色复制品。

这里要注意的是 CMS 和各种其它应用软件，如图像处理软件和发排软件 RIP 等，都包含除上述两种基本算法以外的多种色彩空间映射算法，它们的名称和功能都会有所区别，在使用时要注意具体的含义和特征。

第五节 颜色的基本概念与物理作用

一、颜色的基本概念

1. 色温

色温就是以温度数值表示光源的颜色特征。色彩学上把任一光源发出光的颜色与黑体被加热到一定温度下发出的光的颜色相比较来描述光源的色温。故色温可以准确定义为：当某一种光源的色度与某一温度下黑体的色度相同时，黑体的温度就是该光源的色温。一般正午日光色温为 6500K，白炽灯色温为 2700K，荧光灯色温为 3500K。色温低，光源颜色偏红；色温高，光源颜色偏蓝绿。电脑显示器的白光也有一个色温值，指的是其白色颜色色度特征。

印刷前及平面设计显示器的色温值最好设定在 5500~6500K，其光谱能量分布较符合印刷制版分色的要求。

2. 颜色对比

颜色对比就是颜色之间因差别而产生的感觉。颜色的不同形式的对比会产生各种特殊效果。具体说来，颜色对比有下面几种类型。

① 色相对比 包括互补色之间的对比和颜色冷暖之间的对比。例如，当红色和绿色放在一起时，各自显得更鲜艳；将灰色放在绿色或红色背景上时，会觉得灰色偏暖。

② 明度对比 不同明度的颜色放在一起，会使明度差拉大。如灰色放在黑色背景上，灰色显得更亮；黄色放在蓝色背景上，黄色显得更亮。

③ 饱和度的对比 饱和度高的颜色和饱和度低的颜色放在一起，显得饱和度更高。如绿色放在饱和度低的颜色背景上，绿色显得更艳；黄色放在饱和度低的背景上，黄色显得更艳。

3. 色相和颜色

色相（Hue）是颜色的基本特征，它是用以判断物体颜色是红黄绿紫，还是某些邻近色

间的中间色色彩感觉的属性。可见光谱不同波长的辐射在视觉上就表现为不同的色相，如 R、Y、G、B、C 即为不同光谱波长的色相。而颜色是与人的感觉（外界的刺激）和人的知觉（记忆、联想、对比）联系在一起的，是一种物理刺激作用于人眼的视觉特性，这种视觉特性也是一种心理反应。实际上，存在同一色相的不同颜色，因为衡量颜色还有另两个属性即明度和饱和度，比如，色相均为红色，但有深红、淡红、纯红等颜色，这就是由于明度和饱和度不同引起的。

4. 间色、复色和补色

由二种原色混合而配制的混合色称为间色或二次色，如 R、G、B、M80%Y70%、C20%Y80%等都可称为间色，间色又称二次色。由原色与间色混合，或两种间色混合产生的颜色称为复色或三次色。实际上复色是三原色的混合，只不过是有一种原色为主进行的组合。复色的饱和度比间色低。两种色料混合后，呈黑色，则这两种颜色互补；三原色中的任一原色与其它两原色混合成的间色，即为互补色，例如 M 与 G 为互补色。两种色光如果混合以后形成白色，则它们互为补色。

5. 专色及专色印刷

专色是指在印刷时，不是通过印刷 C、M、Y、K 四色合成这种颜色，而是专门用一种特定的油墨来印刷该颜色。专色油墨是由印刷厂预先混合好或是油墨厂生产的。对于印刷品的每一种专色，在印刷时都有专门的一个色版对应。使用专色可使颜色更准确。尽管在计算机上不能准确地表示颜色，但通过标准颜色匹配系统的预印色样卡，能看到该颜色在纸张上的准确效果。如 Pantone 彩色匹配系统就创建了很详细的色样卡。

对于设计中设定的非标准专色颜色，印刷厂不一定准确地调配出来，而且在屏幕上也无法看到准确的颜色，所以若不是特殊的需要就不要轻易使用自己定义的专色。

二、色彩的物理作用

色彩通过视觉器官被人们感知后，可以产生多种作用和效果。所谓色彩的物理作用，就是各种颜色对物体的冷暖、远近、轻重和大小等物理属性在视觉上的作用。色彩的物理作用在印刷设计中起着积极的作用。

(1) 温度感 在色彩之中，把不同色相的色彩分为暖色和冷色，如同人们看到太阳会感到温暖，看到田野、森林和水会感到凉爽。人们常把橙、红之类的颜色称为暖色，把青类颜色称为冷色。由冷暖原色合成的紫色和绿色称为温色。而一些既不属于暖色也不属于冷色的黑、白、灰和金、银色称为中性色。

色彩的温暖感与色彩的亮度有关。亮色具有凉爽感，暗色具有温暖感。色彩的温暖还与色彩的饱和度有关。在暖色范围中，饱和度越高越具有温暖感，在冷色范围中饱和度越高越具有凉爽感。

在印刷设计中，为了更好地创造特定的印刷空间气氛，色彩的温暖感起很大作用。在一个空间里，总要有个主色调，而中性在印刷设计中起到调和的作用。

(2) 距离感 颜色可以使人感觉到进退、凹凸、远近的不同。色彩的距离感与色相和亮度有关。一般暖色和亮度较高的颜色具有前进、突出和接近的效果，而冷色和亮度较低的色彩具有后退、凹进和远离的效果。印刷设计中常利用色彩的距离感来改善空间的大小和形态。

(3) 重量感 色彩的重量感取决于亮度和饱和度。亮度和饱和度高的显得轻，如桃红。亮度和饱和度低的显得重。有时把色彩分为轻色和重色。在印刷设计中常利用色彩的轻重作

为印刷构图达到平衡和稳定的辅助手段，色彩的轻重还有助于表现印刷的性格。

(4) 体积感 如果物体具有某种颜色，能够使人看上去增加了体积，这种颜色就属于膨胀色；反之，缩小了物体的体积，该颜色就属于缩聚色。色彩的体积感与色相和亮度有关，暖色和亮度高的色彩具有扩散作用，因此显得体积扩大；冷色和暗色具有内聚作用，因此显得体积缩小。在印刷设计中，可以利用色彩的体积感特性来改善空间尺度和体积，使印刷各部分之间的关系更为协调。

(5) 色彩对人心理的作用 人们对不同色彩表现出的不同反应，常常和人们的生活经验、利害关系以及由色彩引起的联想有关，同时也和年龄、职业、性格、素养、民族和籍贯相关。色彩的心理反应，一方面表现出它能给人以美感，另一方面表现在它能够影响人的情趣，引起联想。这种联想可以是具体的，如看到红色，联想到太阳、火光。表 1-2～表 1-5 是有关色彩对于不同感官产生的联想。

表 1-2 色彩联想之色嗅联想

色彩	纯色状态	清色状态	暗色状态	浊色状态
红	浓香；酸鼻；野香	艳香；幽香	腌味；浓郁；烧焦	恶臭；霉味；腥味
黄绿	芬芳；清香	清香；香嫩	十霉味；腐臭	臭霉味；乏味；药味
橙	浓郁；奇香	温香；淡香；香	腐臭；酸味；氨味	泥土味；郁香
黄	芳香；纯香；甜香	清秀；飘香；嫩槐	腐臭；焦味；烤味	腐臭；异味
绿	新鲜；草香味	薄荷味；凉	毒气；窒息	污臭；恶臭
青绿	香凉；果香	薄荷香；青草味	气闷；腐臭	发霉；呛鼻；腐朽
青	原野之香；烈香	淡酸；药味；凉湿味	鱼腥味；臭气	霉湿；煤气味；锈味
青紫	浓烈的幽香；芬郁	娇香；骚香	火药味；焦炭味	烂臭；霉气
紫	娇香；浓烈的香气	兰花香；香梅	蚊香；五香	腐酸；狐臭
赤紫	娇香；艳香	玫瑰香；雅艳之香	腌渍味；腥味	腐臭；酱味
白色	桂花香；无臭；清香			
灰色	灰尘；夜来香			
黑色	煤炭；黑烟；黑香			

表 1-3 色彩联想之色味联想

色彩	纯色状态	清色状态	暗色状态	浊色状态
红	辣；甜蜜；糖精味	甜蜜；蜜；淳美	焦；涩味；茶	巧克力；五香味；腐朽味
黄绿	酸；未熟	酸甜；涩	酸醋；苦涩	酸涩；干腐
橙	酸辣；甜；胡椒	甘；甜美；蜂蜜	苦涩；烟味；熏味	碱；杂味；反胃
黄	甘甜；甜腻	淡甘味；清甜；乳酪	碱；醋苦；醋	涩；酸苦味；醇酸
绿	涩；酸涩	微涩；淡涩；香油	涩涩的；干涩	苦；苦涩
青绿	清凉可口；很涩	新鲜美味；甜酸	苦涩；腐烂；咸	恶心；酸臭
青	生涩；酸涩	清泉；淡水	油腻；呕吐	呕气；脏腻
青紫	甘苦；酸辣	酸；酸碱	碱；艰涩；晦涩	苦臭；腐坏；发酵
紫	酸甜；酸醋	淡酸；甘涩	臭油味；烟臭；佳酿	焦糊；泥土味
赤紫	甜蜜；蜜；香甜	花蜜；蜜乳	枣香；淳酒；酱油	杂酱；椒；劣碱
白色	味精；无味；平淡			
灰色	水泥味；铅味；烟味			
黑色	焦苦；焦味			

表 1-4 色彩联想之色触联想

色彩	纯色	清色	暗色	浊色
红	烫;热	温暖;酥松;丰满	铿锵;牢固	粗糙;坚硬;干燥
黄绿	细软;平滑	细嫩;薄;柔嫩	粗糙;搓磨	湿湿的;粗俗
橙	温热;发烧;有弹性	暖和;酥;平滑	厚;仿古;干枯	绒毛;沙土;不光滑
黄	光滑;光亮	弱;流动;绵绵	机械;垃圾;痒痒的	湿湿;污粘;脏
绿	清凉;清爽	轻松;平坦	坚硬;阴凉	脏;湿;阴森
青绿	滑溜溜;活生牛	清爽;细腻	潮湿;冷	滑润润;黏稠
青	流动;冰冷	舒松;凉爽;舒畅	滑滑的;光泽的;硬	黏滑;粗硬;泥污
青紫	柔润;滑润	柔软;轻软	坚硬;硬板;厚实	粘板;泥泞;粗糙
紫	绒绒的;丰润	细润;软绵绵	毛绒;粗皮;皱皱的	灰尘;鲁钝;垢泥
赤紫	毛刺;滑润;玫瑰	滑嫩;粉粉的	地毯;痒痒的	铁锈;酥软;温暖
白色	清洁;光滑;平坦			
灰色	灰灰;粗糙;无光泽			
黑色	摸不着;厚硬			

表 1-5 色彩联想之色听联想

色彩	纯色状态	清色状态	暗色状态	浊色状态
红	吼叫;热闹;呐喊	震动;情语;轻快旋律	低沉;嘶哑声	噪声;苦闷;嗡嗡声
黄绿	清晰;轻快;清脆	轻柔;明晰;婴儿声	迟钝;昏沉	沙沙声;唠叨;慢板
橙	高音;嘹亮;轰隆	悠扬;明亮;呱呱声	浑厚;悲壮;咄咄声	呜咽;沉重;哄哄声
黄	明快;响亮;尖锐	悦耳;悠扬;哈哈声	回声;沉闷;喃喃声	昏沉;沙哑
绿	平静;安稳	清雅;柔和	沉静;稳重;叨叨声	阴郁;低沉
青绿	清畅;安逸	清脆;飘逸	泉;松风	烦闷;溪流;嘿嘿声
青	嘹亮;和谐;优美	优雅;轻快;柔美	幽远;深远;稳重	沉重;超脱;呼呼声
青紫	刺耳;响亮;高远之声	尖叫;澎湃;呼叫	惨叫;严肃;秘哭	悲鸣;轰轰声
紫	哑铃;幽深;古韵	柔美;含蓄的乐曲	咕咕声;喳喳声;重响	磁性声;呻吟;老人声
赤紫	娇艳声;啾啾	哼声;嘻嘻声;娇柔声	唧唧声;咀嚼;呼啸	哽咽;唏嘘
白色	宁静;休止;肃静			
灰色	沙沙声;消沉声;无声			
黑色	沉重;浑厚;幽深			

第二章 图文处理原理及图像数字化工艺

第一节 彩色桌面出版系统

彩色桌面出版系统又称 DTP 系统 (Desk Top Publishing System), 是 20 世纪 80 年代中期开始出现的印前图文信息处理系统。彩色桌面出版系统是光学、机械、电子和计算机等现代科学技术在出版印刷领域的综合应用。它所承担的任务是: 对需要印刷复制的文字、图形和图像信息进行各种处理, 形成印刷版面信息并制成软片原版或印版。

本章将在介绍彩色桌面出版系统的基本组成和工艺流程的基础上, 着重叙述图像输入(数字化)的基本原理和操作方法。

一、彩色桌面出版系统的组成

彩色桌面出版系统通常由四大部分组成, 即图文信息输入单元、图文信息处理单元、页面描述语言解释单元和图文信息输出单元, 如图 2-1 所示。

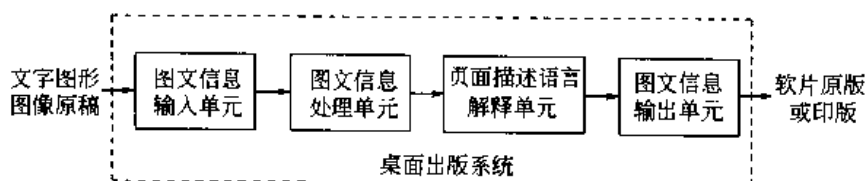


图 2-1 桌面出版系统的组成

原稿信息由图文信息输入单元输入桌面出版系统, 然后在图文信息处理单元中进行文字排版、图形绘制、图像修正和创意、图文组合等处理, 形成页面图文信息。输出之前, 页面图文信息被表示成计算机页面描述语言的形式。经过页面描述语言解释单元的解释, 形成记录数据和指令用于输出。最后, 由图文信息输出单元记录成软片或印版。

图文信息输入单元包括文字录入、图像扫描输入、图形绘制和外部图文信息接收几个部分。图文信息处理单元包括图像修正、创意和分色、图形处理、图文排版和组版等系统。这几个系统一般由一台或多台计算机构成, 进入桌面出版系统的图文信息进行的处理有: 文字排版处理; 图形的产生和处理; 图像的分色、修正和创意处理; 页面内图文组合处理; 多页面组版(拼大版)处理; 产生计算机图文页面描述等。

在图文信息处理单元内, 经过页面图文组合处理后, 图文信息是按页面组织起来的。为了输出页面图文, 必须在计算机内形成对页面的描述, 也就是用专用的“页面描述语言”对页面内文字、图形和图像的特征予以说明。

由此, 图文信息处理单元进行的最后一项工作是在计算机内, 生成单个页面或整版多页面组合的页面描述语言, 将其发送到页面描述语言解释单元中去。

页面描述语言解释单元的工作是把用页面描述语言表示的页面信息解释(翻译)成图文输出设备能够记录的信息, 发送给图文输出单元(如激光照排机等设备)。在桌面出

版系统中，页面描述语言解释单元通常称为“栅格图像处理器”，即所谓“RIP (Raster Image Processor)”。记录输出设备接收到解释好的页面信息后，就可以把页面图文记录到软片、印版等材料上。广义而言，页面描述语言解释单元 (RIP) 所完成的工作也属于图文信息处理的范畴，但为了更清楚地说明桌面出版系统的组成和工作流程，将其单独列出。

在图文信息输出单元内，可以使用记录输出设备，例如激光打印机、激光照排机等，把 RIP 送来的页面图文信息记录到纸张、软片或印版上。

二、页面描述语言的基本概念

1. 页面、页面图文及其特征

观察一下手头的印刷品，如书籍、报纸、期刊等，它们包含的信息不是杂乱无章的，而是按页而组织起来的。即便是光盘形式的“电子书籍”，甚至是“网上出版物”，通常也是按页而组织信息的。那么，在页面当中包含哪些信息呢？归结起来，不外乎文字、图形和图像三类。人们把这三类信息叫做“页面元素”，正是这些页面元素的组合，构成了丰富多彩的页面，而多个页面组成了出版物。

在一个页面当中，文字、图形和图像并不是随意出现的，而是按照编辑要求，以一定的特征出现的。不妨列举一下文字、图形和图像在页面当中的一些常见特征。

① 文字 包括字体、字号 (字的大小)、文字的颜色、文字的装饰、文字在页面中位置、文字的排法 (横排、竖排、曲线排) 等。

② 图形 包括图形轮廓的几何形状 (方、圆、椭圆、自定义)、图形的尺寸、轮廓内部填充的颜色或图案、轮廓的颜色、图形在页面中的位置等。

③ 图像 包括颜色模式 (单色黑白二值、单色灰度、红绿蓝、青品黄黑等)、图像轮廓的几何形状、图像的尺寸、图像在页面中的位置等。

为了构成页面，还需要确定文字、图形、图像之间的相互关系。例如，文字绕图排列或文字叠加在图形图像上；图像与图形、图形与图形、图像与图像的叠加等。对于整个印版的组合 (拼大版)，各个页面之间的相对位置关系需要按照版面尺寸和装订方式等条件来设定。各种印刷产品都有其不同的页面和印版版面特征。

2. 页面描述语言

按照客户的印刷复制要求，每个页面内部的文字、图形和图像都会有不同的特点。整个印刷版面上的多个页面也有不同的位置关系。

桌面出版系统内，在不同的记录输出设备上，为了将页面和版面正确无误地输出，就需要用一种计算机语言去说明页面和版面的特征。页面描述语言就是对页面或版面内的元素，即对文字、图形和图像的特征和相互关系进行说明的计算机语言。

处理图文信息的计算机系统内都有其对页面的描述。在印前处理系统中，目前常用的页面描述语言是 Adobe 公司的 PostScript 语言 (简称 PS 语言) 和 PDF (便携文档格式) 语言。过去，在计算机汉字排版领域使用的“方正”及“华光”系统上常用的 BD 排版语言也是一种页面描述语言。

PostScript 语言由于其自身的优势，在国际上逐渐被广泛接受和使用，成为一种工业标准。目前几乎所有的印前图文处理系统，包括桌面出版系统和从电子整页拼版系统发展而来的印前处理工作站，都可以把它们做好的页面或版面转换成 PostScript 语言，以便使用图文记录设备输出这些页面或版面。为了适应印刷、因特网和多媒体电子出版的需要，PDF 语言

的应用也日益增加。

在桌面系统内使用的图文记录输出设备并不能直接把计算机页面描述语言记录输出成图文，这些设备也不“理解”页面描述语言。因此，页面描述语言解释单元（RIP）发挥了一种“语言翻译者”的桥梁作用，它把页面描述语言翻译成图文记录设备能“理解”和执行的指令和记录数据。图文记录设备执行这些指令并应用图文数据，就可以把图文信息记录出来了。

三、彩色桌面出版系统设备

彩色桌面出版系统所用的设备类型较多，按照其在系统中的作用，可以分为图文输入设备、图文处理设备和图文输出设备三类。

图文输入设备包括文字输入设备、图形输入设备和图像输入设备。

常用的文字输入设备有计算机键盘、语音输入设备、手写输入设备、光学字符识别设备。图形输入设备有鼠标器、数字化图形输入板等。图像输入设备有图像扫描仪、电子分色机的扫描输入单元、数字照相机等。图像扫描输入设备除了用于图像输入以外，还可以用它对文字稿件进行扫描，再用字符识别软件进行文字识别输入。图形的输入也可以借助于图像扫描设备来进行，在把图形扫描成像素信息后，把图像转换成图形，进入计算机系统。

彩色桌面出版系统的图文处理设备是计算机系统的硬件。它包括中央处理器（CPU）、内存（RAM）、显示器、键盘、鼠标器、磁盘驱动器、只读光盘驱动器（CD-ROM 或 DVD-ROM）、可读写磁光盘驱动器（MO）等。

图文输出设备有激光打印机、喷墨打印机、热蜡转移或染料升华打印机、激光照排机、电子分色机的记录单元、印版激光照排机、凹版电子雕刻机、印版直接成像印刷机、数字式印刷机等。

四、彩色桌面出版系统图文复制工艺流程

1. 电子分色机为中心的图文复制工艺

在彩色桌面出版系统出现以前，通常使用以电子分色机为核心的图文复制工艺。为了便于比较，将这种工艺的流程介绍如下。

（1）文字原稿 用计算机录入排版，经过校对修改，通过激光印字机输出纸样，再用制版照相机拍摄成文字阴图片。当然，计算机排版的文字版面也可以直接用激光照排机输出成文字版阴图片。

（2）图像原稿 用电子分色机扫描分色，并记录输出成青、品红、黄、黑四色阴图加网分色片。

（3）手工拼组版 图文阴图片制成后，进行手工拼版和多页组版，得到图文合一的整版分色阴图片。

（4）拷贝 为了制作印版，把图文合一的分色阴图片拷贝成图文合一的分色阳图片。

（5）晒版 用图文合一的分色阳图片制作成四色印版。

（6）打样及校改 用打样机制作样张，送给客户审定签样。必要时进行图文的修改，重新制版和打样。

（7）正式印刷 在客户签字同意付印后，用图文合一的分色阳图片制作正式印刷版，并开始印刷，得到印刷品。此工艺流程如图 2-2 所示。

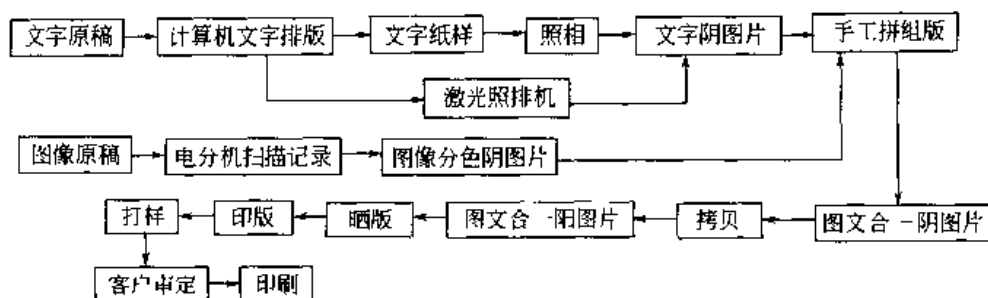


图 2-2 电子分色机图文复制工艺流程

2. 彩色桌面出版系统图文复制工艺

彩色桌面出版系统诞生并普及以后，工艺流程得到简化。其工艺流程如下。

- (1) 图文信息输入 包括文字录入、图像扫描、图形生成和绘制。
- (2) 图文信息处理 包括文字排版；图像修正、创意和分色；页面文字、图形和图像的组合；多页面组大版；产生页面描述语言（PostScript 或 PDF）。
- (3) 页面描述语言的解释。
- (4) 图文信息输出 曝光记录图文合一的分色阳图软片或印版。
- (5) 打样、客户审定和正式印刷。

彩色桌面出版系统的图文复制工艺流程，如图 2-3 所示。

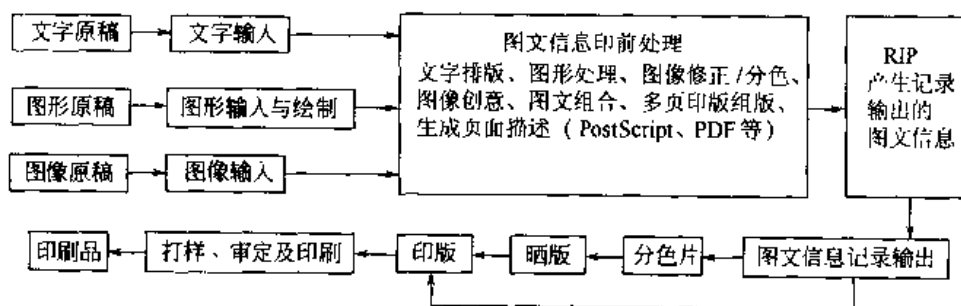


图 2-3 彩色桌面出版系统的图文复制工艺流程

从上面的比较可以看出，彩色桌面出版系统的主要优点有如下几个方面：

- ① 图文信息的数字化程度高，便于使用计算机进行全面处理，也便于与其它计算机系统交流信息，可以做出手工难以完成的页面图文效果；
- ② 同一页面（版面）可以在不同的记录设备上记录输出；
- ③ 工艺流程简化，减少了大量手工处理，有利于印刷复制质量的稳定和提高；
- ④ 减少了软片及其它材料的使用量，有利于节约成本。

以这些优势为基础，彩色桌面系统得以广泛应用，成为印前图文信息处理和制版的主要手段并发挥着强大的作用。

第二节 图像原稿的扫描输入原理和操作方法

一、图像原稿的输入途径

在印刷复制的开始阶段，客户提供的图像原稿一般有三类：第一类是以纸张、感光材料等为载体的绘画、摄影和印刷品图片原稿；第二类是立体实物原稿；第三类则是以磁盘、光

盘等为载体的数字化原稿。目前，图片原稿仍占很大比例，实物原稿相对较少，往往是已经拍摄成图片原稿而提供的。随着计算机印前处理技术的普及，数字化图像原稿所占比例会逐步上升。

实际上，要把图像信息转换成计算机能够处理的数字信息，有两种手段可以使用。最常用的是图像扫描设备，包括图像扫描仪、电子分色机的扫描输入单元等；另一种手段则是数字照相机，也称为“数码相机”。图像扫描设备可以用扫描的方法，将上述的第一类图片原稿以及一部分实物原稿转换成数字信息；而数字照相机则可以将图片和实物拍摄转换成数字信息，以便使用计算机进行印前处理。

二、图像的数字化的

1. 数字图像

图像分为连续图像和离散图像两类，所谓连续图像是指在二维坐标系中具有连续变化的灰度值（表示颜色的深浅）的图像，其深浅变化是无级的。例如，照片就是连续图像，电影图像也是连续图像。而以一定网格为周期，把 X、Y 坐标轴划分为棋盘式的网格，仅取离散的各个交点位置上的灰度值，构成的图像称为离散图像，也称采样图像。印刷图像其实就是离散图像，电脑图像和扫描图像也是离散图像。

所谓数字图像是指把图像分解成像素的小离散点，并将各像素的灰度值用量化的整数值表示的图像。

对于一幅图像而言，从模拟图像中获取数字图像必须进行空间采样和量化。常用的采样方式就是扫描，数字照相也是采样和量化的方法之一。

电脑图像是由离散的点阵组成的。它将图像分解成一个个的像素，每个像素在空间上的位置是固定的，不同的是像素的颜色值不一样。图像的特性与分辨率关系密切，分辨率高，图像质量高，并且文件的所占存储空间大。当放大图像时，图像的质量会下降。

电脑图形又称矢量图形，是由数学公式描述的。电脑图形与分辨率无关，无论放大到多大，其输出质量相同，可对矢量图形进行位置、尺寸、形状、颜色的改变，图形仍能保持清晰、平滑，丝毫不会影响其质量。矢量图形放大时，只不过是在电脑中描述的参数有所改变，并且同一图形所占存储空间一样。

电脑的矢量图形又称为对象图形，在软件中矢量图形是按一个个的对象来处理的，而图像则是按像素为单位来处理的。

图像由图像处理软件来处理，而图形则由图形软件来绘制，常用的绘图软件有 Freehand、Illustrator、CorelDraw 等。图像和图形是可以通通过专门的软件进行转换的。

计算机系统只能处理二进制数字信息。所谓二进制数字信息是用数字“0”和“1”表示的信息。数字“0”和“1”代表的是两种不同的状态。1 位二进制数字只能表示两种不同状态，比如通与断、有和无、亮和暗等等。

在科学技术领域和日常生活中，事物的状态往往并不只是两种，而是多种多样的。例如，光源的亮度可以从最亮到最暗变化、有多个不同的亮度状态。

2. 色位深度及其对图像颜色的影响

色位深度（bit depth）指表示图像或每一颜色通道的像素的颜色信息的多少。色位深度高意味着更准确的颜色表达和更丰富的颜色数量。色位深度用 bit 为单位表示，常用的色位深度有 1bit、8bit、16bit 等。1bit/channel 能表示的颜色数有 2^1 个；8bit/channel 能表示的颜色数有 $2^8 = 256$ 个；16bit/channel 能表示的颜色数有 2^{16} 个。对于一个色位深度为 8bit 的

RGB 色彩模式图像, 则能表示的颜色数为 $2^8 \times 2^8 \times 2^8 = 2^{24}$ 。

如果一幅图像从高光处到中间调, 再到背景的暗调, 阶调层次的变化十分丰富。那么, 如何用二进制数字“0”和“1”表示多种层次状态呢? 可以使用多位二进制数字去表示。

以图像亮度为例, 1 位二进制对应 (0、1) 两种状态, 分别代表“白”和“黑”, 此时图像只有黑/白两级层次; 2 位二进制对应 (00、01、10、11) 四种状态, 分别代表“白”、“较亮”、“较暗”和“黑”, 此时图像已有四级层次; 3 位二进制对应了 (000、001、010、011、100、101、110、111) 八种状态, 分别可以代表“白”、“很亮”、“较亮”、“中等”、“中暗”、“较暗”、“很暗”和“黑”, 此时图像已有八级层次……; 当二进制位数上升到 8 位时, 图像具备 $2^8 = 256$ 级层次, 人眼已经难以识别阶调层次分级。

在印前的数字化图像处理中, 单色灰度图像通常以 8 位二进制表示灰度层次。对彩色图像, 按照其类别的不同, 可以使用更多位数的二进制表示。对红、绿、蓝三原色构成的彩色图像, 可以使用 3 个 8 位二进制, 分别表示其红光、绿光和蓝光各自 256 级的亮度变化, 总共能够表示 $2^{3 \times 8} = 2^{24} = 16777216$ 种颜色。对于印刷复制中常见的青、品红、黄、黑减色法四色构成的彩色图像, 则使用 4 个 8 位二进制数据, 分别表示其青、品红、黄、黑的比例; 也就是说, 青、品红、黄、黑各自可以有 256 级不同的网点面积率变化, 总体上可以表示 $2^{4 \times 8} = 2^{32}$, 即 42 亿多种颜色。

对凸印版和平印版来讲, 在其表面上只存在两种状态, 即附着并传递油墨的图文部分及不传递油墨的空白部分, 因此, 凸版和平版上图文可以用 1 位二进制数字表示。在凹版上, 每个网点本身具有油墨量的变化, 所以, 凹印版图文信息是用多位二进制数字表示的。

计算机系统具备很大的数据存储容量, 可以存储大量数据。但是其数据容量仍然不是无穷大, 而是有限的。如果认为图像是由很多微小的点组成的, 那么, 一幅照片图像原稿或者实物原稿, 构成的点数是极其多的, 可以认为, 常见的图片、绘画等是由无穷多个点构成的。

通常, 人们把构成图像的小点称为“像素”, 可以认为图片、绘画、实物等是由无穷多个像素组成的图像。

为了使计算机系统能够存储和处理图像, 必须将图片原稿转变成有限个像素组成的图像。在这个过程中, 通过图像的电子扫描和拍摄设备, 将连续的图片按行和列“拆分”成数量有限的像素点, 而每个像素点又是由 1 位或多位二进制数据表示, 至此一幅图片就彻底变成了数字图像, 可以由计算机对其进行处理和存储了。归纳起来, 数字图像具有两个特点: 首先, 它是由不连续的有限个像素组成的; 其次, 它的每个像素是由 1 位或多位二进制数码表示的。

三、数字图像的主要优点

1. 数字图像的主要优点

相对于模拟图像来说, 数字图像在处理上有许多明显的优点, 具体来说数字图像处理的主要优点是:

① 再现性好, 数字图像会因为不存储、传输等复制而产生图像质量的退化, 从而能准确地再现原图像;

② 精度高;

③ 灵活性大。

任何一种模拟图像, 一般都只能对图像作有限的若干种处理, 例如光学处理, 从原理上

说只能对图像作线性运算,从而极大地限制了其所能完成的处理工作。与此相反,数字图像处理不仅能完成线性运算,而且也可以完成非线性运算,或者说,凡是可用数学公式或逻辑表达式表达的一切处理运算,都可用数字处理来实现。

2. 图像的清晰度

图像的清晰度是判断图像质量和效果的重要指标之一。所谓清晰度指图像细微层次清晰程度。图像清晰度包括以下方面。

① 分辨出图像线条间的区别,亦即图像的景物质点的分辨率或细微层次的精细程度。图像分辨率愈高,则景物质点表现得愈细致。

② 衡量线条边缘轮廓是否清晰,即图像层次轮廓边界的虚实程度。其实质是指层次边界密度变化宽度大小。若变化宽度小,则边界清晰,反之变化宽度大,则边界发虚。

③ 指图像的明暗层次间,尤其是细小层次间的明暗对比或细微反差是否清晰。图像清晰度与分辨率从不同角度来反映对图像细节的表达能力。

四、图像扫描仪的基本性能和工作原理

图像扫描仪是印前图文处理系统不可缺少的图像输入设备。它的任务是:利用扫描和光电转换,把图片原稿上的图像信息转换成数字信号,传送到印前处理系统中去。

印前领域中,常见的图像扫描仪有两种类型,即滚筒型扫描仪和平面型扫描仪,其外观如图 2-4 所示。滚筒型扫描仪[见图 2-4 (a)]属于高精度的图像扫描设备;平面型扫描仪[见图 2-4 (b)]有不同的精度和效率档次。在印前图像输入中,通常使用滚筒型扫描仪和中高档平面型扫描仪。

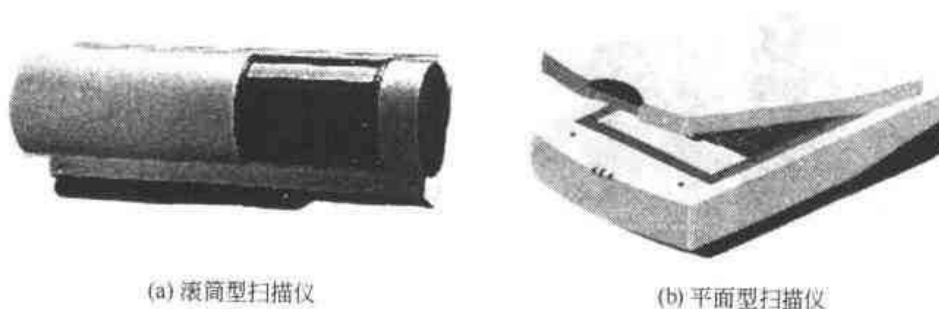


图 2-4 滚筒型扫描仪和平面型扫描仪

1. 图像扫描仪的基本性能

图像扫描仪的性能可以从扫描幅面、扫描分辨率、光学密度识别动态范围、扫描仪内部数字信号的位数、扫描的原稿类型、扫描速度、扫描自动化程度、扫描软件的功能等方面去衡量。

扫描仪的最大扫描幅面是指扫描仪能够扫描的最大原稿图像尺寸。通常有 A4 (210mm×297mm)、A3 (297mm×420mm) 等。

扫描分辨率有光学分辨率和插值分辨率两种,常用单位为点/英寸 (dots per inch, dpi) 或像素/英寸 (pixels per inch, ppi)。光学分辨率是扫描仪的真实分辨能力,是单位尺寸内扫描仪能够分辨的图像像素点数。插值分辨率是以较低的光学分辨率为基础,经过插值计算获得的、数据量等同的分辨率。

目前,平面型中档扫描仪的最高光学分辨率一般为 1000~2000dpi,插值分辨率为 3000~4000dpi;高档平面扫描仪的最高光学分辨率为 4000~5000dpi,面插值分辨率为

8000~11000dpi; 滚筒型高档扫描仪的最高光学分辨率为 5000~12000dpi。光学分辨率越高, 则扫描仪对图像细节的分辨能力越强, 可以使清晰细腻的图像再现。

扫描仪的光学密度动态范围是指扫描仪能够识别的最大光学密度范围。平面型低档扫描仪的光学密度动态范围在 2.0~2.5; 中档约为 3.0~3.4; 而高档的平面型及滚筒型扫描仪则在 3.8~4.2。光学密度动态范围越高, 扫描仪对暗调层次的分辨能力越强, 这对于高密度反差透射原稿的阶调层次再现是很重要的。

通常, 在处理连续调原稿时, 扫描仪送给计算机系统的数字图像信号是每色 8 位。但在扫描仪内部, 数字信号的位数一般要高于 8 位。在扫描仪内部, 通过光电转换把原稿光信号转变成电信号, 再经过模拟信号向数字信号的转换, 得到图像数字信号。由此获得图像数字信号的位数通常有: 每色 10 位、12 位、14 位、16 位等几种。位数越高, 则在信号转换到 8 位时的层次级损失越小, 获得的图像层次越丰富。

通常, 扫描仪可以扫描的原稿种类有: 彩色及黑白照片、绘画原稿、印刷品等反射原稿。带透射扫描部件的扫描仪还可以扫描彩色反转片、彩色正片和彩色负片等透射原稿。一部分高档平面型扫描仪还能扫描一定厚度的实物原稿。扫描仪的扫描速度是每扫描一条线需要的时间, 单位为毫秒/线。扫描速度也可以用每小时扫描的原稿数量表示。扫描仪的扫描速度越高, 则扫描过程所用的时间越少, 效率越高。

扫描仪的自动化和智能化程度一般体现在扫描仪的智能化自动图像定标、自动连续批扫描、多批原稿的无人值守自动扫描等方面。高档扫描仪往往具备这些功能, 这对高效率和质量稳定的图片扫描很有益处。

扫描软件的功能优劣在很大程度上决定了扫描仪的性能。普通的扫描软件只具有一般的基本扫描参数设置功能, 图像修正处理功能较少, 基本的扫描功能有: 预扫描、扫描区域选择、分辨率设定、层次曲线设置、亮度/反差/清晰度调节等。而一些优秀的扫描软件则具备十分丰富的功能, 例如, 分色高光和暗调定标、分色层次曲线调节、按色度值或网点面积率进行的颜色校正、虚光蒙版、去网、灰平衡控制、底色去除/灰成分替代、色彩管理、自动定标、批扫描、自动无人值守扫描等等。

2. 图像扫描仪的工作原理

(1) 平面型扫描仪 平面型扫描仪的一般结构如图 2-5 所示。

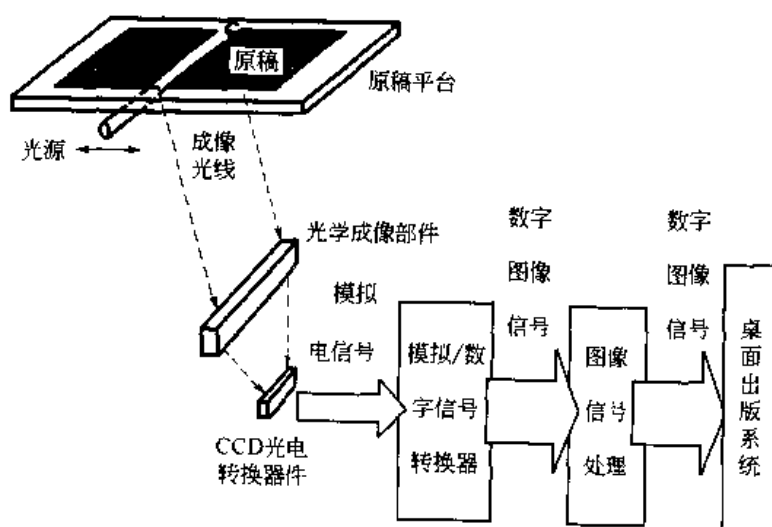


图 2-5 平面型扫描仪的结构

平面型扫描仪由原稿平台、扫描光源、光学成像部件、光电转换器件、模拟/数字信号转换器、图像信号处理部件、扫描过程控制部件、扫描部件的机械驱动装置等组成。

平面型扫描仪扫描图片的过程如下。原稿放置在原稿平台上或者夹在原稿片夹当中。启动扫描后，扫描光源与原稿作相对运动，光源照射原稿，每次照亮一条线（一行）。被照亮的一行图像的光线到达光学成像部件，并且成像在光电转换器件上。在平面型扫描仪上常用的光电转换器件是“电荷耦合器件”（Charge Coupled Device, CCD）。CCD 器件将原稿一行图像的光线转变成模拟电信号，送到模拟/数字信号转换器形成多位的数字图像信号，再经过图像信号的处理，最后图像数字信号通过接口电路送入计算机系统，接着进行下一行扫描，直到把原稿扫描完成为止。

扫描透射原稿时，光源安置在原稿平台的上面，光线从上方投射下来，透过原稿进入成像系统。

对于彩色原稿，需要将从原稿来的彩色光线分解成红、绿、蓝三部分。使用带红绿蓝滤色片的 CCD 器件，或者加装滤色镜系统可以达到分光的目的。送出的图像数字信号也是按照红、绿、蓝或青、品红、黄、黑同时或顺序送出的。

平面型扫描仪的优点是占地面积小、售价低廉。随着技术的不断进步，现在市场上的高档平面型扫描仪的性能提高很快，可以用于普及型生产。但在需要扫描一些特大幅面的图像、大量出版的精细艺术出版物以及必须达到非常高的劳动生产率的时候，必须考虑选购滚筒型扫描仪。平面型扫描仪发展很快，广泛应用于印刷、桌面出版、广告制作、办公等领域。目前世界上生产平面型扫描仪的厂家有 Microtek、HP、UMAX、Agfa、Mustek、Screen、Scitex、Sharp、Linotype-Hell 以及中国的清华紫光集团等。

平面型扫描仪具有以下特点：

① 操作简便、快捷；

② 部分低档平面型扫描仪的动态范围较小，不能识别很高的黑场密度变化，对于暗调密度较高，暗部层次很丰富的原稿，往往会造成图像阶调的不合理压缩，损失图像的层次信息；

③ 平面型扫描仪是固定焦距的系统，但由于使用线光源及需要透过玻璃板等原因，得到的图像清晰度不是很好，需在扫描软件中提高其清晰度。

（2）滚筒型扫描仪 滚筒型扫描仪的核心部件是光电倍增管（PMT）。扫描光源发出高纯度的白光，照射到原稿表面，经反射或透射提取原稿的色彩和明暗信息后进入光路系统中传递，经过聚焦和光圈控制后进入滤色镜分色，分解成红、绿、蓝三束光，再分别进入各自的光电倍增管中，光信号被转换成电流信号，再经对数变换和模数转换后，转变成计算机能够识别的数字信号后进入计算机处理。可以看出，由于滚筒型扫描仪使用光电倍增管作为光电转换器件，而这种器件只能是一个像素一个像素地输入光信号并放大，也就是工作在串行方式下，所以滚筒型扫描仪的光学系统是针对单个像素扫描的结构设计的，滚筒型扫描仪的结构如图 2-6 所示。

光电倍增管可以感应的密度最大约为 3.8，光电倍增管较高的密度范围可以使滚筒型扫描仪在原稿的暗调区域识别更多的细节，因此扩大了最终扫描图像的总对比度。高质量的滚筒型扫描仪有四个光电倍增管，三个用于主色（红、绿和蓝色），第四个用于虚光蒙版，可以使不清晰的物体轮廓变得更清晰。

比较这两种扫描设备，滚筒型扫描仪的性能要比平面型扫描仪的高，其主要原因有：

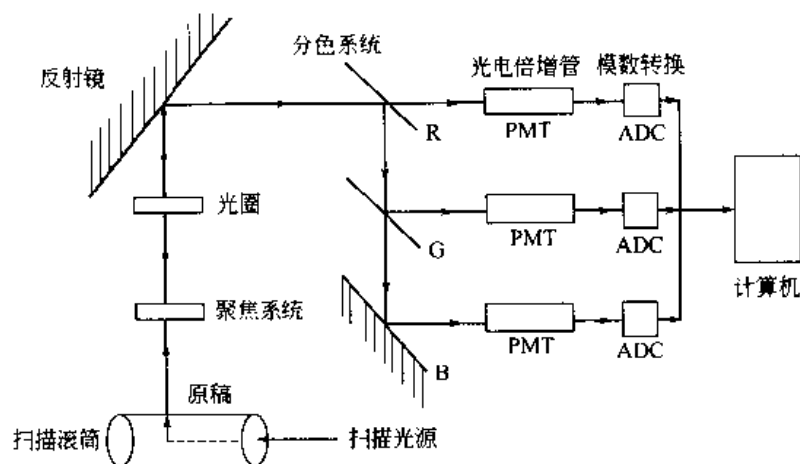


图 2-6 滚筒型扫描仪的结构框图

① 滚筒型扫描仪由于使用单个光电转换器件，因此它的一致性很好；

② 采用了光电倍增管，它的光学特性（包括诸如信噪比、灵敏度、感光密度范围等方面）目前远好于光电耦合器件 CCD；

③ 因为滚筒型扫描仪的光学系统是针对单个像素设计的，其光学分辨率远高于要满足在一条线上同时准确聚焦的平面型扫描仪的光学系统。

（3）平面型扫描仪与滚筒型扫描仪性能区别 平面型扫描仪与滚筒型扫描仪因其工作原理不同，决定了两种扫描仪性能上的差异。

① 最高密度范围不同 滚筒型扫描仪的最高密度可达 4.0，而一般中低档平面型扫描仪只有 3.0 左右。因而滚筒型扫描仪在暗调的地方可以扫描出更多的细节，并提高图像的对比度。

② 图像清晰度不同 滚筒型扫描仪有四个光电倍增管，三个用于分色（红、绿和蓝色），另一个用于虚光蒙版。它可以使不清楚的物体变得更清晰，可提高图像的清晰度，而 CCD 则没有这方面的功能。

③ 图像细腻程度不同 用光电倍增管扫描的图像输出印刷后，其细节清楚、网点细腻、网纹较小，而平面型扫描仪扫描的照片质量在图像的精细度方面相对来说要差些。

第三节 原稿图像的扫描

尽管出现了并不昂贵的彩色复印机和扫描仪，但很多印刷品还是用一个颜色来复制。线条原稿和灰阶原稿是主要的单色扫描对象。对于线条原稿，扫描仪感应的每个像素不是黑就是白，而与原稿的暗淡无关。对于灰阶原稿，扫描仪要探测原稿中灰阶的明暗程度。大多数扫描仪都有预扫描功能，预扫描可以让操作者按低分辨率对原稿进行初扫描，并将图像呈现在计算机屏幕上，当图像预扫描之后，操作者可以调整正式扫描的范围、设定放大和缩小倍率、进行亮度和对比度控制，这一切都有助于减少正式扫描时的工作量和扫描时间。

一、扫描线条原稿

对于线条原稿的扫描，扫描仪只需对每个像素获取一对信息，即黑或白。为了确定这黑/白状态，操作者需要设定密度阈值使扫描仪正常工作。扫描仪把从原稿反射得来的密度值与阈值进行比较，如果密度超过阈值，则该像素被确定为黑；如果低于阈值，该像素被确定为白。合适的阈值设定特别重要，它将帮助操作者在扫描线条原稿或很亮的原稿时，可去

掉不要的脏点和其它杂散的斑痕。

在扫描黑白线条原稿时，操作者只考虑该像素是黑还是白。这种情况下，该像素在计算机中只需一位（二进制）信息描述，因此线条原稿的文件相对较小。

由于线条原稿主要以其边缘和轮廓来定义，线条原稿的扫描分辨率应高于半色调图像和灰阶原稿的扫描分辨率。线条原稿的最小扫描分辨率为每英寸 1200 个像素（ppi），而半色调图像在 150 线挂网时（原大复制），扫描分辨率只需 300ppi。

二、扫描灰阶原稿

在扫描灰阶原稿时，扫描仪只对每个像素的密度敏感。当用彩色扫描仪扫描灰阶原稿时，有很多扫描处理的方法。有的扫描仪用专用的灰阶传感器和滤色片；有时用三个传感器（红、绿、蓝）来扫描灰调图像，然后取三个感应密度的平均值；有的用三个彩色传感器中的一个来扫描；有的扫描仪先把灰阶原稿作为一个全色彩图像来扫描，然后用后处理图像软件将其转换成灰阶图像。

高质量的灰阶扫描需要扫描仪有 8bit（位）的扫描能力，以获取 256 个灰度级。在灰阶原稿扫描中，重要的因素是灰度的大小。在这种情况下，每个像素对应 8bit 计算机存储量 [相当于一个字节（byte）]。这样计算机就可解释 256 级灰度。当然，如能获取大于 8bit 的处理信息是有很多好处的，更多的信息有助于在后处理时改善图像处理和图像增强的效果。例如，用 12bit 的扫描仪来进行预扫描，就要比 8bit 的扫描仪在最终扫描时得到更高质量的图像数据。虽然 12bit 扫描仪能获取 4096 个灰度级，但最终的 PostScript 文件仍限制在 256 个灰度级。现代的扫描技术可以进行 36bit 的扫描（三色）。扫描技术的不断发展，使平面型和滚筒型扫描仪的扫描分辨率不断提高，而价格却在不断下降。

三、扫描文字原稿

扫描仪的主要用途往往是建立信息资料库。在这种用途中，原稿被扫描，然后存储到活动光盘上。这些光盘可以长期保存，而存贮的信息质量不会有任何退化。扫描过程是利用光学字符识别（OCR）软件，按正常的方法扫描文字原稿。在扫描过程中利用该软件，可以使计算机能够把被扫描的文字字母与在 OCR 程序中预先存入的字母模型相比较。一旦扫描后，该文字文件可以立即存储，或调入字处理程序按需要重新改变格式。应当注意，即使 OCR 软件的精度很高（超过 95%），但仍然意味着每 15 个词中大约有 1 个错误。因此，所有被扫描的文字应该经过常规的拼音检查程序，以保证在存储或输出之前最终文件的精度和质量。同样，即使拼音检查程序的精度再高，也还需要所有扫描文件的最终校对。

四、扫描彩色原稿

彩色扫描仪有平面型和滚筒型两种，它们利用 CCD 或光电倍增管（PMT）来感应从原稿反射回来的红、绿、蓝色光。高质量的彩色扫描仪能够获取每色 12bit 的信息（三色总扫描深度为 36bit），扫描分辨率可达 4000dpi。这些扫描仪可进行彩色、黑白和灰阶的扫描。高档的彩色扫描仪采用白平衡的光源如氙灯来进行扫描，而低档的扫描仪通常采用专用荧光灯来作扫描光源。应注意，大多数扫描仪是作为计算机终端或工作站的专用设备来安装的。

五、虚光蒙版

虚光蒙版又称为 USM，它是在图像周围产生一种看不见的轮廓，这种轮廓可以使图像的细节更清晰。在高档扫描仪中，可以“在飞行中”（即在实际扫描过程中）完成虚光蒙版处理，可以明显减少后处理的时间。扫描仪中安装第四个光电倍增管就是为了完成“飞行中”虚光蒙版处理的。

第四节 扫描仪的性能与参数

一、信噪比

所谓信噪比就是指信号和干扰噪声之间的比例关系，信噪比越高，对有用信号的提取就越准确和清晰。目前平台扫描使用 CCD 作为光电采集器，而影响 CCD 采集精度的最大问题就是噪声问题。特别是当信号比较弱小的时候，就几乎全部淹没在噪声之中了。图 2-7 清楚地表现了原稿上不同密度的 A、B 两个相差不大的低亮度信号在两种传感器上的输出信号。可以看出，同样是 A、B 两个信号，在 CCD 器件上输出信号的随机分布范围很大，而光电倍增管上这种随机范围就较小。这就造成了平面型扫描仪在暗调处层次模糊不清，或出现并级和花斑。因此也就影响了平面型扫描仪的暗调采集性能。

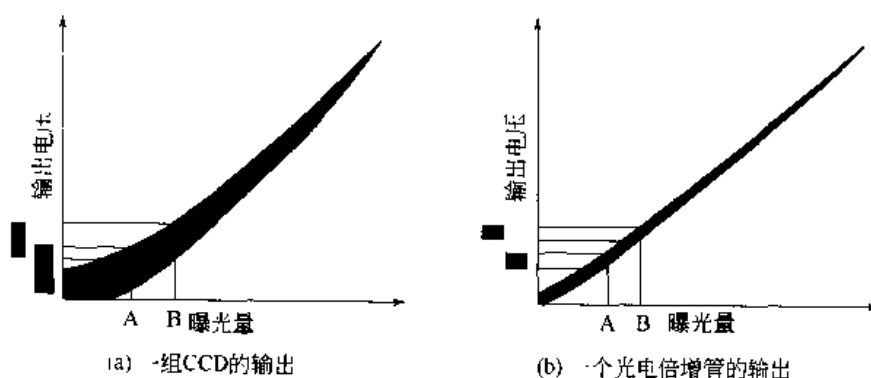


图 2-7 CCD 和光电倍增管的信号离散特征

二、位深

位深 (bit depth) 表示一个扫描设备可以在它扫描的每个像素上检测出的最大颜色和灰度等级，即每个像素存储信息量的多少。位图图像中的每个像素点可以是黑色、白色、灰色或彩色的，关键是用以描述图像的位数。使用 1bit 信息定义的像素点，其图像只能是黑色或白色的；如果使用 2bit，会有 4 种可能的颜色或灰度等级；8bit 信息提供 256 种不同的颜色或灰度等级；24bit 信息能提供 $2^8 \times 2^8 \times 2^8$ 种不同的颜色（一个 24 位的彩色扫描仪可以采样 RGB 三个颜色通道中每个通道内的像素，每个像素 8 位，因而可以获得总数为 $256 \times 256 \times 256 = 16777216$ 种可能的颜色）。位深高意味着更准确的颜色表达和更丰富的颜色数量。

位深会影响图像文件的大小，8bit 图像的文件大小是 1bit 相同图像文件大小的 8 倍，因为它用 8 位描述每个点，而不是 1 位；同样，24bit 图像文件大小是 1bit 相同图像文件大小的 24 倍。增加位深，会使文件大小按算术比例增加。

三、动态范围和密度范围

位深计算的是扫描仪能够度量的不同颜色的潜在数值，而动态范围 (dynamic range) 则描述了扫描仪能真正分辨的从亮到暗的色调的实际极限值。扫描仪性能参数中的动态范围概念是指给定设备所能探测到的最浅颜色和最深颜色之间的密度差值。它表示了一个相对密度区间的概念，这个区间越宽，表明设备再现色调细微变化的能力，或者说区别相近颜色之间细微差别的能力就越强，可以捕捉的可视细节就越多，在阴影（颜色最深的面积）中更是如此。

将位深和动态范围比喻为楼梯，动态范围描述的是楼梯的高度，而位深描述的是从底到顶的台阶数。一台具有很大动态范围（能捕捉从很亮到很暗的信息），但只有 256 个“台阶”的扫描仪，扫描效果并不好；同样，具有许多细小“台阶”（如 36 位扫描仪），但却只有很窄的动态范围的扫描仪扫描效果也不好。

动态范围是指最大密度 D_{\max} 和最小密度 D_{\min} 之间的差值。从理论上讲，最大的密度范围是 0~4.0，4.0 是炭黑的理论密度，0 是纯光。但不同的原稿动态范围是不一样的，正常的彩色照片的密度动态范围是 0.02~2.0 之间， D_{\min} 在 0.02~0.15 之间， D_{\max} 在 1.4~2.0 之间；正常彩色反转片的密度动态范围更大些， D_{\min} 在 0.2~0.4 之间， D_{\max} 在 2.0~2.5 之间。当反差高于 2.5 时，为高反差原稿；低于 1.5 时为低反差原稿，低反差是由于拍摄或首显影过度所致。如果 D_{\min} 在 0.5 以上属厚闷原稿，它是由于拍摄曝光和首显影不足所致。原稿的密度范围越大，说明其表现层次的能力越强，色域表现范围就越大，特别是对暗调的表现越好，但扫描时对阶调压缩越厉害。

动态范围有时被简单地说成是能够扫描的原始图像的最大密度值。例如说某一种扫描仪可扫描密度为多少的胶片等，这种说法不严谨，因为很多扫描仪都可以通过调整曝光时间来获得足够的曝光量，这实际上是平移了原稿的密度范围，用以达到扫描高密度区域的目的，但这并不能说明它可以扫描密度范围更宽的原稿。扫描仪的动态范围可通过扫描一个色标来测试，例如使用 ISO 的 IT8 色标。

如果将动态范围和位深结合起来，度量能捕捉到的色调的范围和程度，就与摄影术中密度很近了。密度实际上是用来度量胶片不透明的程度或者是能透过的光线量，在印刷品上是它反射的光线量。

胶片和印刷品中最密的区域是扫描仪最难捕捉的区域。这是因为扫描仪以直线方式度量光线，而胶片记录和人眼感觉则是以急剧上升的对数曲线方式度量光线。

四、分辨率

分辨率（Resolution）是指在每英寸上扫描仪能捕捉多少像素点，有光学分辨率（Optical Resolution）和插补分辨率（Interpolated Resolution），而且需要的分辨率根据将要扫描的材料种类的不同而有所不同。例如，扫描幻灯片和胶片需要的分辨率比扫描反光图片所需要的分辨率高得多，因为通常将 35mm 的幻灯片放大很多，达到比 4~5in 照片还大的程度。

光学分辨率是指一个扫描系统在扫描方向上的实际采样密度，也就是在单位长度上的采样点数，单位是 dpi（dots per inch）。决定扫描系统光学分辨率的各种因素和具体的设备相关。光学分辨率又分为水平和垂直光学分辨率。有些扫描仪具有更高的垂直分辨率，这是通过沿着扫描仪底座长度方向移动图像传感器的更好的“步进”电机来实现的。例如，如果扫描仪水平方向上每英寸有 300 个传感器，而步进电机在垂直方向上的移动量是 1/300in，则扫描仪具有相同的水平和垂直分辨率。如果步进电机的移动量为 1/600in，而传感器的尺寸仍然相同，照射它们的光线强度仍然保持不变，则可获得两种不同的分辨率。注意，两者中选分辨率较低的一个。

扫描软件也可能在处理过程中插补分辨率。插补分辨率是指在光学分辨率的基础上，在软件算法的帮助下，在两个光学像素点之间增加新的像素，并由此产生一种伪分辨率。插补分辨率不会增加新的细节，只是在相邻像素间求出颜色和灰度数据的平均值，在性能上还有一定的欺骗性。因此当标明扫描仪的分辨率是 1200dpi 时，真正的光学分辨率可能只是 400dpi。制造商列出的一系列分辨率中，只有最低者是最合适使用的。但并不是说更高的垂

直分辨率和插补分辨率没有什么用处。在一些扫描仪中，尤其是带有较高软件的扫描仪，如 Linotype-Hell 扫描仪，分辨率不同，实际上对最终的扫描图像可能是有用的。

分辨率数值越大，意味着扫描图像的精细程度越高，得到的图像文件也就越大。不过，尽管较高的图像分辨率可以提高扫描图像的品质，但这是有限度的。当分辨率大于某一特定值时，就会使图像文件增大到难于处理的程度，而不会改善图像品质。对于大多数应用而言，分辨率设置为 300dpi 就已经足够了。

如果扫描结果主要用于彩色印刷，那么最好还是在具有较高光学分辨率的扫描仪上进行工作。

五、清晰度

一个图像清晰与否的差别可以表现在以下现象中。

① 图像层次的质感的细微精细程度，例如表现皮肤的细微的纹路是模糊还是清晰。其本质是明暗层次过渡区细节之间的反差大小。

② 图像颜色的过渡轮廓边界处的虚实程度，也称为锐度。其实就是边界颜色渐变的宽度。清晰度越高，这种渐变宽度也越小。

通俗地讲，图像清晰，观察时就看得清楚；图像模糊，对其观察就不清楚。在图像上两个像素之间的灰度值越大，则说明其反差大，观察时较为清晰。图像模糊就说明图像中像素之间的反差小，界限不明显。另外要注意的是，图像清晰，图中的细节也表现得清楚，层次也表现得完善些。

电脑设计处理过程中可以通过扫描清晰度控制、图像清晰度强调、缩小图像、提高图像分辨率等过程来控制图像清晰度。其中最主要的是扫描图像清晰度控制，这是清晰度的关键。如果这个基础没有打好，后面再怎么处理也难以把图像整体清晰度质量处理好。

扫描仪的清晰度性能是扫描系统综合性能的一个宏观现象。从清晰度的概念简单地看，分辨率和采样位数越高，图像应该越清晰。实际上清晰度不仅和这两者有关，还和光电采集器 CCD 器件的信噪比以及使用的光学系统的聚焦能力及镜头的分辨率有关。清晰度较高的扫描仪扫描数据的效果当然是更加锐利。

第五节 扫描参数的计算与调整

一、扫描参数的设定

扫描参数设定是图片扫描的重要步骤，关系着扫描图像质量的优劣。不同档次的扫描仪由于功能配置的不同，扫描参数设定的项目、数量、设置方法也各有不同。高档的扫描软件，如 LinoColor、ColorQuartet 等与高档扫描仪相匹配，功能十分丰富和强大；而中档扫描仪的扫描软件功能大同小异。

在扫描软件的界面上，一般设有最常用的功能菜单和按钮。菜单内容包括：扫描颜色模式 (Mode)、扫描分辨率 (Resolution)、扫描幅面 (Area)、扫描层次曲线 (Gamma 值)、图像调节等，可以点击它们，进行扫描参数设定。扫描软件界面上还设有预扫描 (Prescan)、正式扫描 (Scan) 等功能按钮，用来控制扫描仪进行扫描。

(1) 预扫描 预扫描的主要目的是为操作人员设定原稿扫描区域提供方便。预扫描时，扫描仪以较低的分辨率扫描整个原稿平台，将原稿平台上的原稿显示出来。操作人员可以用鼠标器选择出需要扫描的区域，从预扫描图像上也能粗略地观察到图像的颜色和层次状况，

便于进行后续的图像修正调节。

预扫描和扫描区域选择完成以后,可以进行扫描参数设定,主要有扫描分辨率设定、扫描层次曲线设定、图像调节定标等几部分。扫描参数设定完成以后,就可以进行正式的精细扫描了。扫描过程的时间长短随原稿扫描区域大小、扫描分辨率高低、图像颜色模式(单色或彩色)而不同。

(2) 扫描参数的设定

① 原稿类型 (Original) 扫描仪一般都具有扫描反射稿和透射稿的能力,有一些扫描仪还具有实物扫描的能力,例如可以扫描一条活鱼等。

② 扫描模式 (Mode) 扫描模式是扫描所获得图像的颜色模式。一般扫描仪有几种模式可供选择。

a. 文字 黑白模式,适合扫描文件稿。

b. 黑白相片 256 色灰阶扫描,带给黑白图像或相片层次感与明暗感。

c. 16 位黑白相片 超过 65000 色灰阶的扫描,重现黑白图像的真实感。

d. 彩色照片 百万色素扫描,重现真实感。选择此模式扫描彩色照片或图形。

e. 48 位彩色照片 上亿色素扫描,使用于要求精准色彩重现的专业图像。

注意:必须使用专业级图像软件才能接收处理由扫描仪输出的 48 位的图像,例如 Adobe Photoshop、Corel Photopaint 8.0 等,通常都能够接收处理高达 48 位的图像。

一些扫描仪还设有色度 Lab 全彩色 (3×8 位) 以及青品红黄黑全彩色 (4×8 位) 等模式。操作人员可以根据印刷复制的需要选择适当的颜色模式。同一幅连续调彩色原稿,可以通过颜色模式的设定分别扫描成红绿蓝彩色 (RGB Color)、色度 Lab 彩色 (Lab Color)、青品红黄黑彩色 (CMYK Color)、调色板彩色 (Pallet Color; 16 Color 或 256 Color)、单色灰度 (Graylevel, 256Gray)、黑白二值 (Mono) 图像。

③ 扫描分辨率的设定 在图像扫描仪上,扫描的分辨率是可以选定或输入的。按照原稿的类型、印刷品的加网线数、图像的缩放倍率不同,扫描分辨率应设定为不同的数值。扫描的光学分辨率越高,则获得的图像细节也越丰富。但为了节省内存,又要有良好图像品质,推荐下列设定模式:

扫描稿件	分辨率/dpi	扫描稿件	分辨率/dpi
文字 (打印用)	300	黑白或灰阶图像	150
文字 (传真用)	200	彩色图像或照片	300
文字 (OCR 用)	300		

这些推荐值只供参考,如果图像不够清晰,或要观看更多画面细节,则必须提高分辨率。

④ 阶调曲线 (Tone Curve) 阶调曲线是扫描原始信息和输出信息之间的线性和非线性映射关系,而这个选项就是专门用来进行这种工艺操作的。它包含一个映射曲线的编制对话框,可以进行任意形式的曲线编辑。除此以外,它已经内置了许多具有各种形式的映射关系曲线以供直接调用。

⑤ 锐化处理 (Sharpness) 大家都比较熟悉模糊化的效果,模糊图像的细节是无法看得很清楚的。而锐化处理就是模糊处理的相反过程,用来使图像细节变得更容易辨认。锐化处理的本质就是使得相邻的图像细节之间 (包括层次和颜色) 增强对比度。锐化处理对于扫描图像而言往往是一个必要的处理过程,这是由于图像扫描本身是一个模糊化过程的缘故。

另外，这个处理过程可以在扫描软件中进行，也可以在图像处理软件中进行，它们之间没有本质上的区别。

⑥ 去网处理 (Descreen) 这项参数是专门针对扫描印刷品原稿而设置的图像效果处理算法。因为对于网目调网点的扫描将严重破坏原图像的效果，因此，此项目可以针对不同加网线数的印刷品原稿来设置加网线数，其内涵算法将对原稿扫描图像进行有效处理，以消除网点痕迹。要注意的是如果你选择的加网数和原稿本身的加网数不一致，效果将大打折扣。

⑦ 亮度、反差、高光点和暗调点的调节 这四项图像调节功能是在前面设定扫描仪阶调曲线基础上，对阶调曲线做直线调整的。

如图 2-8 (a) 所示，图像的亮度增加或降低是对层次曲线的纵向平移，向上平移使图像亮度增加；而向下平移使图像亮度降低。图中的虚线是层次曲线原始的状态，而粗线则是经过调节以后的状态。

图 2-8 (b) 显示了图像反差调节的曲线变化。反差的变化体现在曲线整体斜率的变化上，曲线斜率的增大使图像反差增加，而曲线斜率的减小使图像反差下降。

高光点的调节可以改变曲线上部端点的位置，而暗调点不变，如图 2-8 (c) 所示。向上调节高光点可以提高图像亮度和反差，向下调节高光点则使图像的亮度和反差下降。

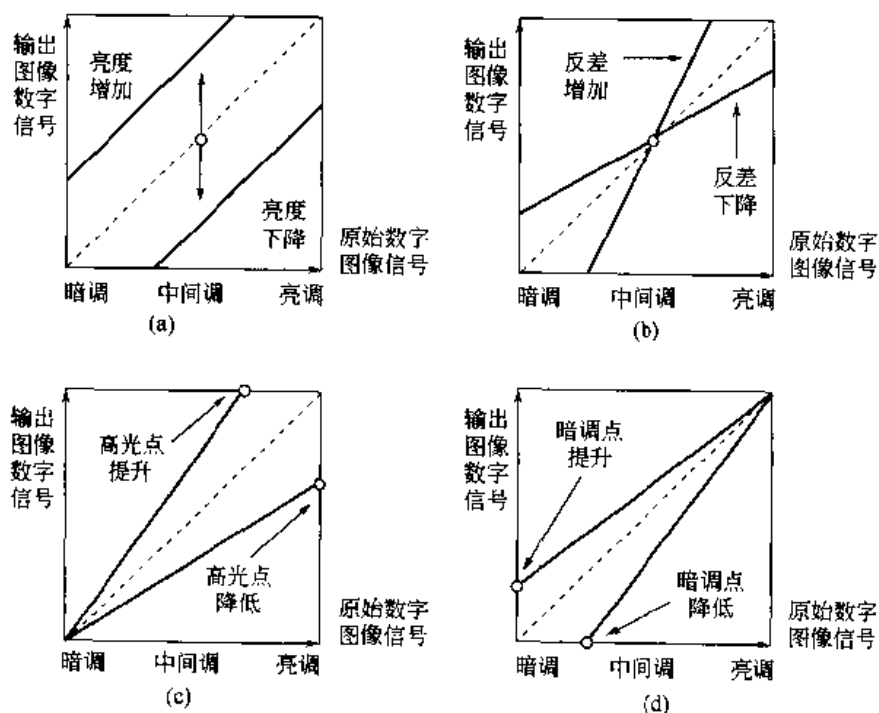


图 2-8 亮度、反差、高光点和暗调点的调节

暗调点调节如图 2-8 (d) 所示，向上调节暗调点可以提高图像亮度，但反差下降；向下调节暗调点使图像的亮度下降，但反差上升。

调节亮度、反差、高光点和暗调点可能引起一部分层次的损失，从曲线中的一段横向折线可以看到层次的损失。因此，调节时应仔细观察图像的层次情况，避免过度调节。

总之，使用扫描仪自身具备的图像修正处理功能，在扫描过程当中对图像实施校正处理，这种作法称为“飞行中 (On the fly) 校正”，可以节省扫描完成后再用图像处理软件修正图像的时间，图像质量损失也较小。但这需要操作人员具备一定的调节经验。在一些高档扫描仪的扫描软件当中，设有十分丰富的修正处理和分色功能，直接在扫描后获得修正好的

黄、品红、青、黑四色分色图像，这些图像可以直接进入图文组版过程，整体上提高了效率。

二、扫描参数的调整

1. 扫描分辨率的调整

在数字成像领域中分辨率是最重要的概念之一，它的基本功能就是用来说明数字信息的数量和密度，它是光栅图像和光栅输入输出设备，如扫描仪、显示器、打印机、照排机等的基本性能参数。扫描分辨率是指在每英寸或每厘米原始图像上扫描仪能够俘获的信息量，对某个设备而言，扫描分辨率可以按不同的要求而改变。它只受到具体扫描设备所具有的最高光学分辨率和内插分辨率的限制。

在操作扫描仪对一张画片进行扫描时，首先要解决的就是以什么分辨率进行采样才是正确合理的。这个问题的答案来自于所扫描的图像用于再现时的用途和要求。也就是常说的“输出决定输入”。在选择分辨率之前，首先必须检查一下输出设备的情况，因为不管图像是在屏幕上还是在纸上打印，都有与输出设备有关的分辨率，只有当图像的分辨率与输出设备的分辨率相匹配才能获得最佳结果。如果不匹配，就会出现下面两种结果：①如果图像的分辨率低于输出设备的分辨率，则显示或是打印过程就会插值出所需的额外的像素，最终的结果就会使图像失去某些细节和清晰度；②如果图像的分辨率高于输出设备的分辨率，则显示或是打印过程就要抛弃额外的像素，这种结果比第一种结果要好些。

(1) 输出到半色调设备（如印刷机）上 在分辨率计算中，有一个共同点，那就是不论以何种方式输出都必须考虑扫描原稿尺寸和输出稿尺寸之间的放大倍数。放大倍数越大，原稿的扫描分辨率越高。

调幅加网后的图像像素点实际就是网点，那么，现在的问题是一个网点需要几个扫描像素点来提供生成信息。最简单的想法自然是由一个扫描像素来生成一个印刷时的网目调网点。然而实际情况要复杂一些，由于要考虑各个色版生成不同加网角度的信息量需求，一般就要用4个，3个或者至少也要2个像素的信息来生成一个网点，才能保证网目调印刷品的质量。这种数量关系称之为“加网系数”。考虑到扫描分辨率是一维的，这个系数一般取2~1.5。这样就有了一个基本的扫描分辨率计算公式

$$\begin{aligned}\text{扫描分辨率} &= \text{放大倍数} \times \text{加网系数} \times \text{加网线数} \\ &= (\text{印刷品尺寸} / \text{原稿尺寸}) \times (2 \sim 1.5) \times \text{加网线数}\end{aligned}$$

加网系数的取值1.5应该就够用了。这样，扫描分辨率可以设得低一些，图像文件也可以小许多。

当加网线数较低（例如低于133线/英寸）时，应取较大的质量系数，以保证图像细节的再现；而当加网线数较高时，可以取较小的质量系数，但不排斥使用较高的质量系数。

(2) 输出连续调设备（如照排机）上 调频加网技术是一种新的网目调输出技术，其网点大小和深浅不会变化，而是用位置和分布密度来呈现图像的明暗层次，而没有了网线数和网线角度的外观。但输出时的网点密度的概念还是有的。如果使用照排机输出，随机网点的密度仍然用网线数来表示，并用此来计算使用图像的扫描分辨率，而对于各种彩色连续色调的打印机，如喷墨打印机、热升华打印机、彩色复印机等，一般直接使用打印点作为随机加网的网点，所以打印机分辨率实际就是加网线数了。此外，调频加网由于没有角度问题，其“加网系数”是1，也就是用一个扫描像素点来生成一个随机网点，这样就有一个简单的

公式

对照排机输出

$$\begin{aligned}\text{扫描分辨率} &= \text{放大倍数} \times 1 \times \text{加网线数} \\ &= (\text{印刷品尺寸} / \text{原稿尺寸}) \times \text{加网线数}\end{aligned}$$

对打印机输出

$$\begin{aligned}\text{扫描分辨率} &= \text{放大倍数} \times 1 \times \text{加网线数} \\ &= (\text{印刷品尺寸} / \text{原稿尺寸}) \times \text{打印机分辨率}\end{aligned}$$

(3) 线条图的扫描分辨率 线条稿是指只有黑白两色的原稿，如工程技术图纸、黑白文字版面等。扫描时要将扫描模式设成线条稿方式，生成的图像只有一位深度，即黑白两色。扫描线条图比较复杂，因为要将扫描图像中的边缘都刚好对准 CCD 的光学采样点是不可能的，因此边缘就会出现毛刺。解决的办法只有提高采集分辨率，以使毛刺不能被察觉。因此，对线条稿件的扫描一般都是用扫描仪的最高光学分辨率进行。决定线条扫描分辨率的公式是

$$\text{扫描分辨率} = \text{放大倍数} \times \text{打印机分辨率}$$

可以看出，它是一个扫描点决定一个打印点。至少在打印机的分辨率低于 1200dpi 时应是如此。

同样，在输出打印线条图的时候，如果打印机的分辨率太低，线条的边缘也决不会光滑。解决办法就是使用高分辨率的打印机，实际上现在使用 400dpi 的激光印字机来输出黑白线条文字稿，其效果就相当不错了。

(4) 充分用好分辨率

① 量原稿而行 这里要提出一个观念，就是“分辨率不是越高越好”，关键是合适和有效。前面只提到要根据输出来决定扫描分辨率，但如果原稿上没有那么多的信息可以采集呢？这就有一个原稿信息量的问题。如果超过了这个量，分辨率越高，在计算机上占据的无用资源就越多，运行的速度会减慢，只有坏处没有好处。

原稿信息量的状况是怎样的呢？以最好的胶片（分辨率 160 线/mm）和最好的 135 照相镜头（中心分辨率 160 线/mm）计算，综合分辨率为 80 线/mm，即分辨率为 2000dpi。又由于相机镜头的缺陷和拍摄时的震动，多数底片原稿分辨率不足 1200dpi。也就是说，在扫描彩色反转片或负片的原稿时，扫描仪的分辨率最多设在 2000dpi（指光学分辨率）。而实际一般设在 1200dpi 时有用信息就已全部采回了。

对普通的照片原稿，由于是由底片经彩扩放大到相纸上的，其中不仅有光学损失，还有因放大造成的分辨率降低。一般街头扩印点冲洗的 135 扩印照片分辨率不超过 300dpi，较好的也就在 400dpi 左右。

如果使用印刷体原稿来进行扫描输入，从加网密度可知，无论是调幅加网还是调频加网的原稿，绝大多数图片的像素精度不会超过 300dpi，只有极少数特别制作的印刷品可以达到 600dpi。由此看出，在实际扫描中什么样的原稿能出到什么样的分辨率是应该考虑的问题之一。超过原稿能力的信息对提高质量没有益处。

② 不要使用内插分辨率 扫描时不要使用高于扫描设备最大光学分辨率的输入分辨率进行扫描。否则扫描仪就会自动进行内插算法在图像上添加新的非采样数据。虽然某些算法比较好，但永远不可能通过内插获得新的细节，而且由于使用这种方法是对像素值取平均值，因而实际上会恶化图像的清晰度和反差。为了最后输出结果的质量，如果自己的扫描仪

光学分辨率不够扫描分辨率要求，那么可以寻找性能更高的扫描仪。当然，如果对输出质量要求不高，那就另当别论了。

③ 按照整除分辨率和整除放大倍数扫描 这是一个比较精细的处理，使用整除分辨率就是使用能对光学分辨率整除的分辨率进行扫描。例如，对一台 600dpi 光学分辨率的扫描仪就应该使用 600dpi、300dpi、200dpi、150dpi、100dpi、75dpi 等分辨率。而使用整除放大倍数是指原稿尺寸与输出稿尺寸之间按照 1 倍、2 倍、3 倍等这样的放大倍数进行扫描，一直达到扫描仪的最大光学分辨率为止。因为扫描仪始终是用光学分辨率来进行扫描的，如果光学分辨率不是扫描分辨率的整倍数，那么在缩减采样信息时，就不能在成整数个数的采样点上匹配生成一个新的缩减像素，而要进行复杂的求平均计算，这是一个降低图像的色调整体性和清晰度、削弱扫描仪光学系统性能的过程。对于比较细致的操作来说，应注意这个问题。

如果使用一个整除分辨率扫描时产生的信息量少于所需的信息时，一个简单而合理的原则就是用仅高于此分辨率的整除分辨率进行扫描，然后在后处理时对图像进行“重新采样”（减少像素）。在这种情况下，必须保证重新采样所删除的仅仅是多余信息，重新采样后的图像仍然可以提供足够的信息供输出设备使用。

如果使用某个整除放大倍数时获得的信息量不够用，那么可以采用仅高于此分辨率的下一个放大系数，然后在后处理时对图像进行“重新采样”。注意，重新采样是指在扫描之后，利用图像处理软件减少图像的分辨率以抛弃某些信息，从而获得符合需要的新图像，这个过程就叫重新采样。

2. 曝光量的调整

多数专业或半专业的扫描仪都具有曝光量控制的功能。曝光量的使用和摄影时十分相似，如果环境太暗，就要加一点光线以便使画面照得清楚一些、明亮一些。而扫描仪的光敏器件和照相胶片十分相似，不同的曝光量能够产生不同的电压输出。合理地使用曝光量可以整体地移动原稿的密度范围，图 2-9 是通过调整曝光量将原稿的密度范围调整到扫描仪密度动态范围中线性度较好、信噪比较低的密度区段。或者将最有用的密度层次区调整到上面的区段中，以便更好地表现图像中的重点内容。

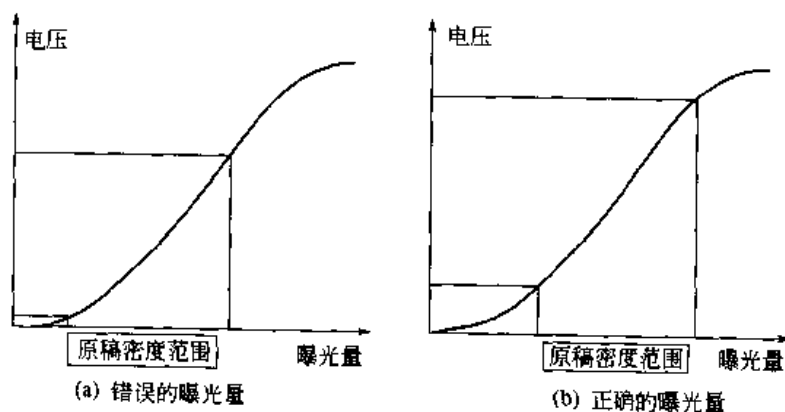


图 2-9 使用增加曝光量来调整原稿的密度范围

下面是一些具体的使用问题。

① 原稿曝光量的评估 曝光量是一种度量，说明照片原稿能够反映图像中所有重要细节的程度。当一幅图像整体偏暗时，就会缺乏阴暗色调中的细节，这就是曝光不足。而相反

如果整体偏亮，那么就会丢失掉高亮度处的细节，这就是曝光过度。一般使用扫描软件和图像处理软件中的直方图工具来观察其亮度分布情况。

② 调整扫描仪的曝光量就是对原稿曝光量情况的补充调整，以期达到更加充分地采集原稿信息的目的。调整后一般最暗部分不应低于 14~30 (RGB 0~255)，如亚洲人的头发和汽车轮胎；最亮的部分不要超过 240~250，否则会失去层次。但小面积的高光部分，如眼神光、金属的反光等等，可以达到 255，但要控制不可使其太大。如果原稿的密度范围较小，应尽量让它靠向较亮的一端。因为平面扫描仪的亮端信噪比较高。但大多数原稿都是密度范围太大或和扫描仪的动态范围差不多。这时就要根据原稿表现的重点层次作调整，如果以表现亮调为主，就迁就亮部。如以暗调为主，可以适当提高曝光量让暗调部分呈现出来。但一定要注意以在亮部不能产生大面积的高亮光斑为准，或者是某些颜色中的成分大量超出 255 而引起这些颜色整体上的色偏。

③ 好的扫描仪都可以分别调整红、绿、蓝通道原色曝光量。可以使用调整曝光量的办法来纠正图像中整体的色偏。判断原稿是否色偏主要以原稿中白色或中性灰部分的 RGB 是否等量来判断。

最后要说的是，调整曝光量实际上就是对原稿的亮度调整，它和光学接收器件的性能无关，但可以使接收器件更有效地采集原稿中的信息。下面要谈的问题也是和接收器件的性能无关，但它是对从接收器件所获得的信号进行取舍和加工的方法，这就是扫描仪的前端校正问题。

3. 扫描仪的前端校正

所谓前端校正是相对于如 Photoshop 等图像处理软件的图像调整功能而言的。在扫描仪控制软件中对图像的层次和颜色所做的调整工作称为前端校正，在图像软件中进行的相同工作则称之为后端校正。

前端校正与后端校正的区别在于使用的信息源不同，前端校正是使用光电采集器直接送出的原始信息信号。这种信息有一定的位深冗余量，是一种多中选少的过程。如从 12 位位深中选取 8 位。在这种环境下进行各种层次和颜色的映射调整时，就可以充分利用某一区段层次的潜在信息量进行真实信息的重新采样。例如，图像在某一层次区段被展开，如要在展开的区段上充分展现图像层次，就需要从原始信息中的冗余信息中获得更深的位深信息，以检出原来被 8 位深度所忽略的更加细微的图像层次，并将之放大凸显出来，而这只有在前端校正的处理过程中才能获得。

后端校正调整是从 8 位位深的信息源中映射新的 8 位，这种过程纯粹是一种信息丢失的过程，调整一次就损失一次。所以在印前工艺上有一个原则就是：在扫描时就做好调整，后端只是用来修饰和创意的。当然，如果你的扫描仪没有这种功能，那就另当别论了。

最后要说清楚的是，无论是在扫描仪的扫描软件中提供的前端校正还是图像处理软件提供的后端校正，其提供的软件校正工具及其在这些工具上使用的校正方法、操作流程以及达到的目标都是十分相似的。操作流程上惟一重要的区别就是：前端校正是一种校正效果的预操作，就是在预扫描以后，在预扫描窗口中根据预扫效果，使用扫描软件中的曝光量、密度范围设置、黑白极点、阶调曲线等调整工具进行层次校正和颜色校正，效果满意后需要重新进行扫描输入，按照校正操作要求重新对扫描图像进行采样，以获得更符合需要的真实的信息。

第六节 图像扫描的定标规律

扫描时图像的定标数据直接关系到最终图像的色彩组成及阶调分布，可见定标是图像质量的命脉。图像的定标大致可分为两类，一是全阶调定标法，二是特征阶调定标法。

一、全阶调定标法

全阶调定标法就是利用扫描仪所能识别的最大密度范围来扫描图像。扫描仪的阶调范围

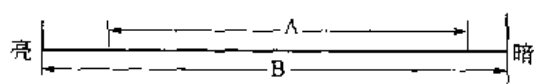


图 2-10 原稿与扫描仪阶调范围比较

A—原稿阶调范围；B—扫描仪阶调范围

是由标准的灰梯尺测试所得。运用这种定标法必须要求原稿的黑白场密度落在扫描仪的范围之内，这样才能保证图像阶调的正常分布（不被压缩和拉伸）。

显然，这种定标法没有区别各种原稿的阶调特点，属于中低档扫描法，扫描后还需对图像作进一步调整。如图 2-10 所示，原稿黑白场密度落在扫描仪范围之内，用全阶调定标法扫出后，再重新设定黑白场。

二、特征阶调定标法

特征阶调定标法就是区分各原稿的黑白场及中间调特征数据，在扫描时对其阶调范围、色彩特征以及校正等作统一考虑，使得扫描后的图像一次完成，在后端不作或少作处理即可达到满意的图像质量。这是现在绝大部分图像扫描通用的手法。但由于原稿千变万化，偶然情况很多，就要求扫描人员具备较全面的知识，包括色彩组成、图像特征、四色阶调特性、印刷工艺等。以下是原稿定标的一些规律。

(1) 白场 要求区分图像中极高光与亮调有层次的部分。极高光不能作为定标白场，否则图像亮调会偏暗。正确做法是将亮调有层次的部分，也是图中数据的起始点作为定标白场（白场是一个点或是很小的面，不能将大面积的平面定为白场）。该点数据可根据图像的具体情况而定，没有统一标准。在多数正常情况下，可设为 $C5\%M3\%Y3\%$ （因为 3% 是多数印刷公司设置的最小网点数）。好一点的印刷条件可为 $C4\%M2\%Y2\%$ ，这种设置可使亮调层次丰富。

除非有较强的环境光或是不要求纠正偏色，否则多数原稿的白场设置应以中性灰为好。

(2) 黑场 根据原稿中暗调部分的层次多少及重要性，确定扫描时黑场定标是后移还是前移。后移就是将定标值定到最暗处（乃至定到图像外边）以拉开暗部层次，使得图中没有层次的黑较小。前移就是将黑场定到有层次的次黑部分，压缩暗调层次，使中间调变深，饱和度提高，整幅图变暗。

黑场定标数据最好在灰平衡的基础之上根据原稿色彩整体偏向作适当调节。具体数据应根据本公司打样、印刷的情况而定，数据定为 $C95\%M85\%Y85\%K80\%$ 和 $C85\%M75\%Y75\%K75\%$ 的公司都有。

(3) 阶调组成 根据原稿内容选用不同的底色去除方式。

(4) 灰平衡 定标时考虑灰平衡，严格按印刷的技术数据确定灰色的颜色值，能够起到稳定全图色彩、避免偏色的作用。

(5) 对于部分反转片，可用图像外边的黑边框作为暗场，使定标数值后移，拉开图像的暗调层次。该方法适用于暗调处层次极丰富且必须保留的原稿。

三、黑白场定标

1. 黑白场定标的重要性

对原稿进行正确的黑白场选点、设定是再现原稿颜色、层次的关键，因为只有在选点、设定正确合理的基础上，才能有效地进行颜色层次的调整。

正确的黑白场选点、设定，就是要根据各种类型原稿的特点和印刷适性条件，能充分利用纸张的白度和四色油墨叠加的最大密度这个色彩空间，达到最大的印刷密度反差和视觉上的明暗对比度。

因此，电分、桌面系统扫描分色进行黑白场设定时，为保证印刷品图像的密度范围尽可能地接近原稿的密度范围，应在印刷适性条件允许的情况下，尽量把原稿密度范围对应调定在分色片的最大记录网点值上，使印品的反差尽可能地接近原稿的反差，使原稿层次得到充分再现，实现印品达到最佳的密度反差效果。

黑白场选点设定强调要对应调定在原稿的高光和暗调密度范围内，原因如下。

① 从物体的反射上分析，摄影原稿是一个压缩过程，而印刷更是一个压缩过程。如一个亮度范围为 160:1 的原景物，在平面透明片上减为 120:1，而在平面印刷品上则减为 30:1。即印刷品的亮度范围比透明片锐减 3/4。因此，黑白场阶调设定就要充分利用印刷品能再现的最大亮度范围，使其尽量接近原稿的密度范围。

② 从印刷工艺上讲，印刷品的亮度范围受到四色印刷油墨综合密度的最大值 1.8 左右与白纸的最小密值 0.04 左右之比的限制。因此，印刷品上无论表现任何亮度的发光体和反射体，它的光感决不会超出纸张的白度。

因此，白场选点、设定一定要充分利用纸张的白度，尽可能把图像中的极高光设定为 0 绝网，从而表现出印品高光的明亮度，同时又能兼顾好高光调的层次。黑场选点、设定一定要根据印刷适性条件，尽可能把图像中的最暗部分设定为印刷能印出来的最大值。同时充分利用黑版，拉开暗调层次，加强反差，从而表现出印品暗调的力度，这是提高印品质量的关键之一。

2. 白场选点、设定对印品质量的影响

选点和网点值设定正确与否，对印刷品质量的影响有三种情况（见图 2-11）。

① 白场选点和网点值设定正确，印刷最小网点值设定也正确，则原稿图像上的亮、中调的全部信息在印刷品上能正确再现出来无损失。

例如，原稿上的白场密度值为 0.4，而扫描仪上设定的白场密度值也是 0.4。则说明原稿上的白场信息在印刷品上能得到理想的再现（见图 2-11 曲线①）。

② 如果白场采样点设定的密度值过低，如 0.2，网点值设定过大，则表现为印刷品的全阶调较平颜色过深，白场不亮，给人一种灰平、沉闷的感觉（见图 2-11 曲线②）。

③ 若白场采样点设定的密度值过高，如 0.6，网点值设定过小，则印刷品的高、中调层次拉得较开，反差较大，颜色变浅，以至原稿上需要层次的白场部分在印刷品上变成绝网，致使白场层次损失（见图 2-11 曲线③）。

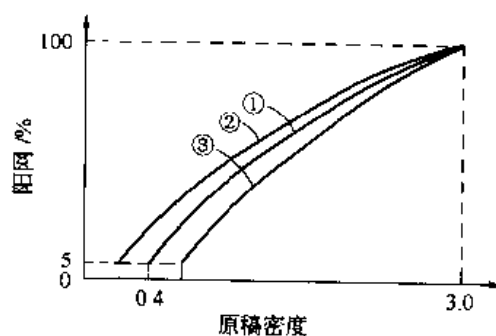


图 2-11 白场定标对层次的影响

3. 白场选点、设定要素

(1) 白场采样点选择方法 首先根据原稿密度反差、色调厚薄情况以及原稿主体处在哪

一层次段，确定白场采样点选在哪里，即选在极高光、最亮部分，还是次亮部分。

确定了原稿的最亮、最白部位，正确分析这张画面中最亮或最白部分在哪一部位，作为设定的最亮最白的控制点，若没有最亮的白色，则可确定哪一部位的颜色最亮。总之一幅画面总要有个最明亮、最响亮的部位，作为视觉中心。例如，一是极高光，二是需要层次的最白部分，三是最明亮的颜色部分。

根据原稿白色物的质地特性确定网点值，如白纸、白云、白棉花、白丝绸、白玉、白瓷等。再根据白色物面积的大小，决定网点值的设定。如面积大，又需要表现其层次质感，则输出小点可设定稍大1%~2%；如面积小，又不需要层次，则输出小点设定可小1%~2%。

(2) 根据印刷工艺和印刷适性条件确定基础白 基础白（标准原稿的白场）定义为：印刷能印出来的最小网点值，而不是不要网点的极高光，即图像中需要层次的最亮最白部分。设定印刷能印出来的最小网点值，叫白场的设定。基础白网点值设定基本上是个定值。目前胶印工艺一般能印出来的最小网点值为3%，最好的可达1%~2%，基础白为C5%、M3%、Y3%。

(3) 遵循灰平衡网点值比例 高光白色定义为中性白色或需要做成白色的物体。需要层次的高光中性白色，按灰平衡比例，C要大于M，Y2%~3%；C、M、Y三色版网点值也可以等比例，如6、6、6，5、5、5等，那么，高光白色稍许偏暖，也是可以的；如果M、Y色版大于C，则印品呈偏暖的白色；切忌缺少一个色版，缺少一色，高光白色就会偏色、露色。

4. 黑场选点、设定对印品质量的影响

黑场选点、设定正确与否，对印刷品质量影响有三种情况（见图2-12）。

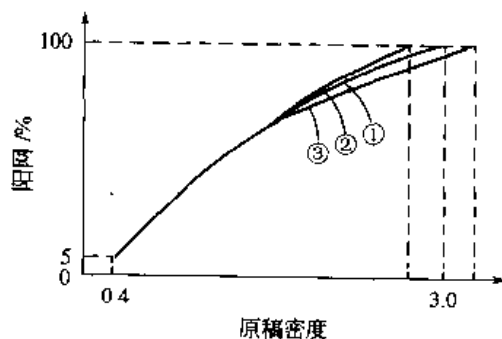


图 2-12 黑场定标对层次的影响

① 黑场选点及其密度值设定正确，印刷最大网点值设定也正确，则原稿上的暗调、中调的全部信息就能正确传递到印刷品上，没有层次损失，印品反差也理想。例如，透射稿上的暗调密度值为3.00，而电分机或桌面扫描仪上设定的暗调密度值也是3.00，则说明原稿上的暗调信息在印刷品上能得到理想的再现（见图2-12曲线①）。

② 若黑场密度值设定过小，为2.70，暗调网点值设定过大，则暗调颜色较深层次并级被损失，印品反差过大（见图2-12曲线②）。

③ 若黑场密度值设定过大，为3.3，暗调网点值设定过小，则暗调颜色较浅，中、暗调层次较平，印品反差小（见图2-12曲线③）。

5. 黑场选点、设定的要素

(1) 黑场采样点选择方法 一般黑场采样点都选在原稿暗调部分的中性黑部位，不同原稿没有太大的差别，但其选点由于人眼对暗调变化的识别能力差，暗调（特别是彩色反转片）的公差较大，色彩浓度大，透光率小，偏色较大，颗粒较粗，往往找不到中性黑色部位，经常出现两种情况：一是把物体的深暗阴影、次黑部分当作黑场采样点，设定大网点值，结果造成印品暗部一团漆黑；二是把物像暗部的偏色部位作为采样点，如偏蓝，以C版设95%，而黑版只有50%~55%，操作人员又没有把黑版作加深处理，致使黑版太浅，造成印品反差不足，暗部不暗，没有力度。

正确的方法如下。首先分析原稿，确定这张图像中的最暗最黑部分在哪里，作为这张图像的最深、最暗部分，设定最大网点值。总之，任何一幅图像都要有最深最暗的部位；黑场采样点应尽量选择中性黑或接近中性黑的部位，最好是选择黑色的物体，这样 C、M、Y、K 色版的设定网点值比例能达到准确；根据原稿密度反差、色调厚薄情况、主体部分处在哪一层次段，决定黑场密度设定值的大小。不然，会影响黑版网点值设定的准确性。

(2) 根据印刷工艺和印刷适性条件确定基础黑 基础黑的定义为能印刷出来的最大网点值。在需要层次的暗调部分，设定印刷能印出来的最大网点值，叫基础黑的设定。

基础黑的网点值设定基本上也是个定值，目前胶印工艺为：高级涂料纸等印刷适性条件，能印出的最大网点为 97%~98%，但大多数为 95%，基础黑即为 C95%~98%，M、Y85%~88%，K75%~80%，四色网点值总和为 340%~360%；一般涂料纸等印刷适性条件，C93%~95%，M、Y80%~85%，K70%~75%，四色网点值总和为 320%左右；胶版纸等印刷适性条件，C85%~90%，M、Y75%~80%，四色网点值总和为 300%左右。

6. 黑白场定标方法

(1) Auto 自动定标 许多扫描软件都具有 Auto 自动确定黑白场的功能，作法是将扫描区域缩小至图像的有效区域中，然后点击 Auto，软件就会自动识别该区域中的高光与暗调点。该功能对大多数原稿有效，这样做能够快捷、准确地定标，提高了扫描的质量和速度。但是该功能并非无所不能，对于一些阶调范围较短甚至不全的原稿应予以区别对待。比如一些反差很小的画稿，可以说就没有通常意义上的黑场，若用 Auto 自动定标，扫描后图像的暗调变得很暗，阶调过分拉开，不能忠实于原作，原作的意境荡然无存了。实验中得出：不管原稿阶调的差别多大，Auto 自动定标后，黑白场定标数据非常接近，这无疑抹杀了各种不同原稿的个性。这些差别的存在对于亮调部分尤为重要，扫描时若不能保证，分色后再调节就很困难。图像扫描中，很多原稿并非合适原稿，因此，往往要采取手动定标。

(2) 灰梯尺定标方法 标准化定标方法应采用灰梯尺，根据原稿的密度大小，选择对应于（透/反射）灰梯尺的某两级作为白场、黑场采样点，这种定标方法科学合理，又快又稳。该方法在桌面扫描中也叫全阶调定标法，依据 22 级灰梯尺，所定参数应将亮调、暗调的数据控制在 250~255 和 4~0 之间（注意：反射稿与透射稿有一些差别），这样就保证了能够扫描全阶调范围的原稿。在此基础上，根据原稿的具体情况（黑白场的实际情况），作一些必要的调整。

(3) 白色块、白相纸白场定标法 透射稿用透射色标中的白色块、彩色照片用相纸白边或相纸白块、印刷品稿用相同厚度的平滑光洁的白纸都可用采定标。

用相纸白、白纸设定的优点是：由于白相纸的白色较纯净，呈中性色，因而能精确地再现原稿白场白色中的细微颜色层次的变化；由于扫描头光孔微小，选点精度高，用相纸白设定时，输出的电压稳定，没有跳跃现象；由于相纸白的密度最小，以它设定三原色版为 0，从而可以精确地再现图像高光的各色版网点值，如果不以相纸为参考点，就很难吃准图像中的高光白色到底应该放多少网点值。可以对同一张原稿作重复设定，达到一致性。

(4) 黑边框、黑相纸、黑场定标法 若透射稿中的暗调与黑边框密度相接近，即可用黑边框作为采样点。彩色照片则可用黑色相纸作为采样点，用 Auto 键，以 C 版设定 93%~95% 为准。

特征阶调定标应尽量做到把原稿密度范围对应调定在分色片的最大记录网点反差上，拉开各色版的层次，局部最深 100%，极高光绝网，充分发挥扫描仪的最大阶调定标范围，逼

真地再现原稿层次。高光和暗调的定标是扫描分色图像的第一步，对决定图片的质量起着至关重要的作用。但阶调定标是一个系统工程，需要综合多方面的因素加以考虑。第一，在尽量保全高光调层次的基础上，兼顾画面的最佳明度，高光调层次曲线的形态和走向趋于平滑，当不能兼顾时，就需根据图片的内容权衡高光调的层次和图像亮度之间哪一个更重要，择优选用。第二，要把需要颜色层次的高光调与极高光拉开距离，既要突出极高光，让极高光绝网，同时又要保证高光调的层次。第三，对于高光调中的白色部分，一般都用一定比例的三原色组成，确保层次。但并非所有的白色，网点组成比例是相同的，高光调的颜色层次变化也是丰富多彩的，绝不能将拍摄者所追求的特殊颜色当作色偏加以偏正，因此要具体原稿具体分析。如反映早上的朝霞或傍晚的夕阳的画面，红、黄的网点百分比肯定会作为主色调做足而加以强调，不能认为这是色偏而加以纠正。类似地，暗调区域的颜色层次变化也非常丰富，特别是国画、油画等艺术作品，因此，暗调定标既要深得有反差，又不要漆黑一闭没有层次。深是指三原色用足量，网点叠印总量应达到 340 左右，常用的定标数据为：C95%、M85%、Y85%、K75%。有层次就是要充分利用黑版来拉开暗调的层次，加深最暗一级的层次，使中间调、次暗调和深暗调能够明显地区分开来，其中短阶调黑版用得最普遍，这种黑版的起始点设置在 25%~30% 之间，高反差（起始点为 50%）和全阶调（起始点为 0）黑版不常用，高反差黑版使用不当容易引起黑版过分集中、颜色脱节现象，所以应谨慎。

第三章 图像的调整与校正

第一节 图像的调整

调节图像一般应从图像的层次、图像的颜色、图像的清晰度等三个方面进行。一幅图像如果这三个方面都较好的话,则从印刷复制的角度来说就是一幅符合质量要求的图像。层次调节就是要处理好图像的高调、中间调和暗调,使图像层次分明,各层次都保持完好,并显现清楚。调节图像颜色就是要把图像中的偏色都纠正过来,使颜色符合原稿或审美要求。图像清晰度强调要把细节表现出来,使图像看起来清晰。

由于每个人的审美习惯不一样,在对图像的这三个方面处理时可能把握的尺度不同,忠实于原稿是应该遵守的一个原则,忠实于视觉习惯也是一个原则。

一、基本色和相反色

基本色和相反色是根据具体颜色来说的。基本色和相反色指的是一系列的颜色,并不是指某一个颜色。对青(C)、品红(M)、黄(Y)色版来说,不同的色版其基本色和相反色是不同的,但有一点是相同的,黑色或灰色都是它们的相反色。以黄版为例,原稿上所有的黄颜色和所有的含黄的颜色,如大红色、橙色、橘红色、绿色、黄绿色都属于黄色的基本色范围;而黄色的补色蓝色周围的颜色都是黄的相反色。具体判断青、品红、黄色版的基本色和相反色可以用色相环来进行,某一色附近的颜色都是其基本色,它的补色周围的颜色都是其相反色。

以一次色和二次色为对象分析基本色和相反色,有利于对图像颜色的调节。可以把图中的彩色颜色分为黄、品红、青、红、绿、蓝六类,每一类包括其主色和相近的基本色系列。然后以其三原色含量分析其所含的基本色和相反色。具体来说:

- ① 黄色系列的基本色是黄色,青、品红色应该是其相反色;
- ② 品红色系列的基本色是品红色,青、黄色应该是其相反色;
- ③ 青色系列的基本色是青色,黄、品红色应该是其相反色;
- ④ 红色系列的基本色是黄、品红色,青色应该是其相反色;
- ⑤ 绿色系列的基本色是黄、青色,品红色应该是其相反色;
- ⑥ 蓝色系列的基本色是青、品红色,黄色应该是其相反色。

黄、品红、青、红、绿、蓝六类颜色中含有的K值是相反色。

在调节图像时,可以把图像颜色分为几大类:一类为非彩色,包括黑、灰、白及接近它们的颜色;一类为一次色,包括黄、品红、青及接近它们的颜色;一类为二次色,包括红、绿、蓝及接近它们的颜色。在扫描图像时,由于滤色片的误差,在分解一次色和二次色时总会存在一些误差,从而使颜色产生色偏,并且一般色偏的规律是一次色和二次色的饱和度偏低,灰分会较多。因此在调节图像颜色时,总是想把一次色和二次色调节得鲜艳些。提高基本色,降低相反色讲的就是遇到一次色和二次色时,要想办法提高其鲜艳程度,即提高饱和度。那么对黄、品红、青、红、绿、蓝等颜色来说,黑色和灰色是当然的相反色。红色中的

青色也是相反色，绿色中的品红色是其相反色，蓝色中的黄色是其相反色，把相反色降低，其灰分也随之降低，饱和度就提高了。

调节图像时一般情况不要使用选择区，因为选择区可能会使调节结果出现明显的界限，破坏了图像的均匀过渡。选择区作调整后所出现的一个硬边，使图像显得极为不自然。因此对图像中特定区域的颜色进行调节时应首先想到不用选择区选择后再调节，实在没有其它方法才做选择区。

二、颜色宽容度

在色度图上，人眼感觉不出的色彩差别范围叫做颜色宽容度。在色度图中，每一个点代表一种颜色，马蹄形范围内的颜色就是人眼所能看见的颜色范围。实际上人眼对各种颜色的宽容度是不同的，在绿色区域，颜色的宽容度大，移动较大的范围，颜色的变化感觉小；而在蓝紫色区域，颜色宽容度小，人眼对蓝色十分敏感。根据人眼对颜色宽容度大小的差别，针对图像中不同的颜色要区别对待，如对蓝紫色要特别注意，而对绿色可不必太严格。

三、印刷色及印刷品的呈色

印刷色就是由不同的青、品红、黄和黑的百分比组成的颜色，所以称为混合色更为合理。青、品红、黄和黑就是通常采用的印刷四原色。在印刷原色时，这四种颜色都有自己的色版，在色版上记录了这种颜色的网点，这些网点是由半色调网屏生成的，把四种色版合到一起就形成了所定义的原色。调整色版上网点的大小和间距就能形成其它的原色。实际上，在纸张上面的四种印刷颜色是分开的，只是很相近，由于人眼睛的分辨能力有一定的限制，所以分辨不出来。人们得到的视觉印象就是各种颜色的混合效果，于是产生了各种不同的原色。青、品红、黄可以合成几乎所有颜色，但还需黑色，因为通过青、品红、黄产生的黑色是不纯的，在印刷时需更纯的黑色，且若用青、品红、黄来产生黑色会出现局部油墨过多的问题。

印刷品呈色方式有如下三种。

① 叠合呈色法 其基本条件是各色油墨是透明的。用青色在品红色上叠印，当白光照在墨层上时，青色选择吸收其补色红色，只有绿、蓝色光透过青色层。接着在品红色层，品红色选择吸收绿光。最后只有蓝色光到达纸上，经反射刺激。最后人感受到的颜色是蓝色。印刷品上两实地块叠合在一起就属于这种情况。

② 混合呈色法 实际上是将几种油墨色调配在一起，如一些专色印刷就是采用这种方式。

③ 网点呈色法 前面讲过网点呈色是根据人的视觉特性而产生的一种呈色方法。印刷品上的网点分布有三种情形：一是网点完全叠印在先印色的网点上，其原理就是第一种叠色呈色法；二是印刷网点完全并列，两个网点的距离非常小，人眼无法分辨，人眼最终感受的是它们的反射光的合成色；三是介于这两种情况之间，网点有一部分叠印，一部分并列。

第二节 图像层次校正

层次是评价印刷品质量的重要指标之一，层次再现的优劣是图像复制的关键所在，因此层次校正最为人们所重视。层次校正也称为层次调节，实际上指的是在图像复制工艺过程中，对诸多因素对层次传递所造成的影响进行必要的补偿，以期获得满意的层次再现。图像的阶调层次是指一幅图像中从亮到暗的变化范围以及亮暗之间的密度数据分布情况。层次曲

线是表现印刷品与原稿的密度关系或印刷品与非林的网点大小之间的关系。为了方便分析图像,可以将图像分为几个层次,即高光调(Highlight)、中间调(Midtone)、暗调(Shadow)。高光调即图像的明亮地方,暗调即图像中颜色较深的地方,中间调则介于高光调和暗调之间。从印刷网点百分比大小来说,0~30%的网点属于高光调,30%~70%的网点属于中间调,70%~100%网点属于暗调区域。

在图像复制过程中,由于受到扫描系统、光电转换系统、晒版、印刷材料等诸多因素的影响,因此在这一系列工艺过程中,层次的传递必然要受到损失。层次的变化是客观存在的,因此对层次最终可能出现的变化,必须预先进行补偿,以期获得最佳的复制品。

图像复制中影响层次再现的主要因素如下。

(1) 原稿密度范围的压缩 彩色复制中采用的原稿种类繁多,密度范围相差甚大,但其密度范围通常都大于印刷复制能再现的密度范围,如天然彩色正片其最大密度 $D_{\max} \geq 3.2$,密度位于2.0~2.5之间,而印刷复制中分色片的适宜密度范围为0.3~1.7,印刷时油墨所能再现的密度范围为1.4~1.6。因此,复制过程中必须对原稿的层次进行压缩以适合于印刷工艺的要求,如图3-1所示。

(2) 印刷工艺过程对层次再现的非线性化影响 彩色复制中层次再现的非线性几乎渗透于每一工序中,主要体现为以下方面。

① 拷贝 拷贝中使用的软片特性曲线的非线性,如图3-2所示。曝光条件和显影条件的非线性变化和加网中的非线性变换特性。

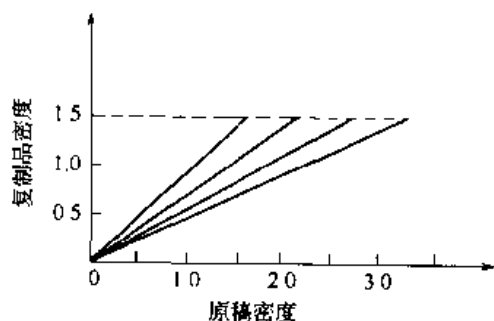


图 3-1 原稿密度范围的压缩

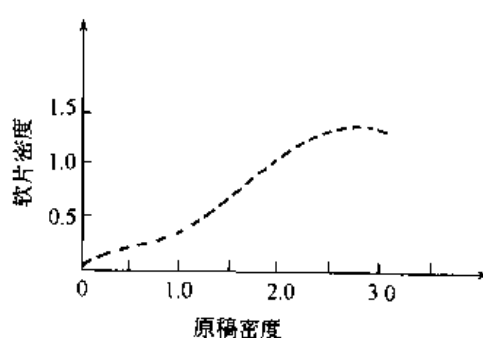


图 3-2 软片特性曲线

② 晒版 版材类型与质量、曝光条件、显影条件等对层次的非线性影响。

③ 印刷 印刷压力、油墨特性、纸张特性对灰平衡再现的非线性影响(见图3-3)。

(3) 人们对层次再现的主观要求 印刷品的复制效果最终是通过人们视觉感官给予评价的,因此,复制品层次曲线要尽可能地符合人们对层次的视觉响应。

① 视觉响应要求 在印刷图像信息处理和检测中,人们用光学密度来表征图像的信息,用密度计来检测图像信息。观察原稿或印刷品时,人眼基本上所感知的是亮度对数的变化,也就是说,使用光学密度模拟人眼的亮度视觉并不等同于人眼的亮度视觉。

② 艺术加工的需要 实际工作中原稿品种多,不同的人分析同一幅原稿得出不同的结果,就会对复制提出不同的要求。若不考虑客户要求,就不会得到客

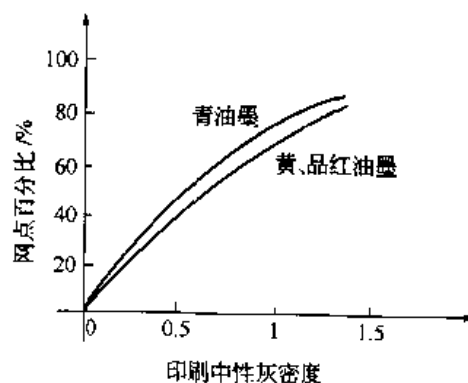


图 3-3 油墨中性灰度密度

户满意的复制品。因此，要视原稿和客户对复制品在艺术加工上的要求而灵活掌握，即强调主要部分，压缩次要部分，突出主题。

一、重要校正工具的性能及用途

通常，图像的阶调分布应在扫描输入时给予确定，但是有时也遇到从 Photo CD 光盘中调出的图像及一些需要对层次作轻微调整的图像等。这样就要使用 Photoshop 中层次调整的工具对其做适当修正。当然，用户完全可以将这些层次调整曲线应用到扫描图像的工作过程中。

1. 可编辑的曲线调整工具

(1) 可编辑的曲线调整工具 可编辑的输入输出映射关系的曲线调整工具无可争辩是最灵活和最完善的一种映射关系调整工具。在 Photoshop 中此工具被称为曲线 (Curves)，如图 3-4 所示。

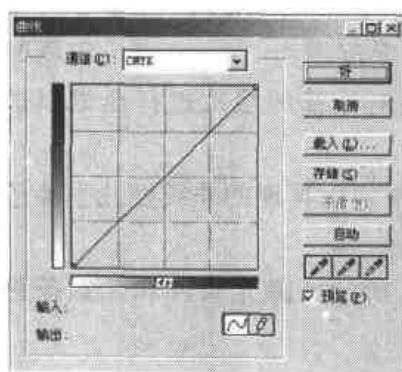


图 3-4 曲线调整工具 Curves

在曲线框中，下方的横线代表原始数据轴，左边的竖线代表映射转换后的数据轴。由它的结构看出，它允许对任何原始图像数据作任何方式的映射处理，而不像其它类型的工具那样只能对两个端点和中间色调进行映射关系控制。实际上，绝大多数的图像处理工作都可以用此工具来完成。图像数据值大则图像亮度高，图像数据值小则图像亮度低。曲线段平均斜率大的区域层次拉开，而曲线段平均斜率小的区域层次压缩。

在此工具中，对映射曲线的控制有两种方式：自由曲线方式和 Gamma 曲线方式。自由曲线方式使用手绘工具来画出映射曲线，并利用平滑按钮 (Smooth) 去掉毛刺，使用它特别灵活自由。Gamma 曲线方式使用曲线上的控制点来控制按指数规律变化的曲线，这种曲线的特点是过渡平滑，符合对图像印刷出版物的一般处理要求，并能够较方便地对印刷适性进行补偿操作。所以，在印前处理中一般都是使用后者。

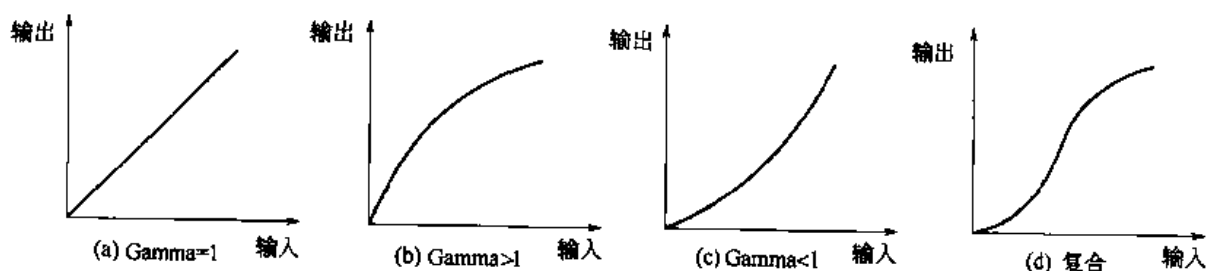


图 3-5 各种情况的 Gamma

这里要特别提一下 Gamma 的概念，它代表着输入和输出量之间的一种比率变化，这种变化呈指数关系。用公式可以表示成

$$\text{Gamma} = \lg(\text{输出}/\text{输入})$$

在图 3-5 中，线性线条的 $\text{Gamma}=1.0$ 时，曲线为 45° 直线，图像数据未经层次转换，这种状态的曲线一般不使用，因为它会使图像过于闷暗。上凸线条 $\text{Gamma}>1.0$ 时，暗调层次拉开，而亮调层次压缩，同时图像亮度整体提高。下凹线条 $\text{Gamma}<1.0$ 时，亮调层次拉开，而暗调层次压缩，同时图像亮度整体降低。操作时可以根据原稿图片的层次状态，设定不同的层次曲线 Gamma 值。如在复合曲线上，左边边曲线的 $\text{Gamma}=0.8$ ，而右边边

则是 $\text{Gamma}=1.8$ 。

使用指数的映射调整关系来对图像进行明暗、对比度和层次的变化调整效果较好。究其原因和人们肉眼接受亮度的非线性方式（实际上就是指数关系）有关。也就是说，如果加亮中间调，那么也需要加亮图像中较暗和较亮的部分才会有较好的整体效果，而按指数的关系进行过渡效果最好。同样，如果使中间调变暗，那么也应该使较暗的和较亮的部分变暗。

在 Photoshop 的曲线（Curves）工具中还含有高光、暗调、中间调的滴管（Eyedropper）工具，它们主要是用于调整图像的高光和暗调的极点设置。其具体原理在后面叙述。

（2）曲线调整各类图像层次的应用 由 Curves 构建的层次调整曲线，大体可归类为图 3-6 所示的基本曲线，其基本意思如下。

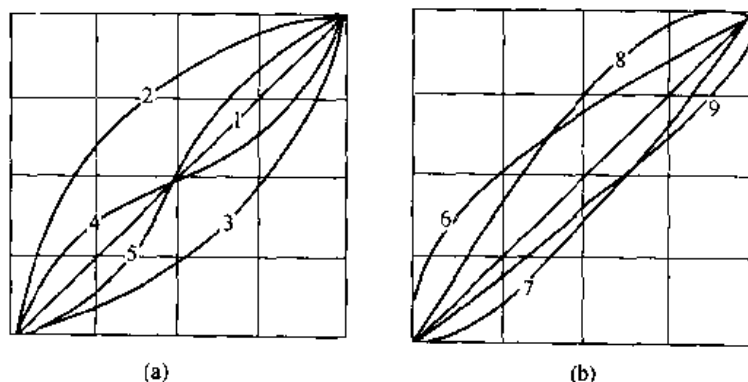


图 3-6 Curves 曲线调整

1 号曲线 表示图像原有的阶调分布，下面所有的曲线都是在此基础上进行调整的，也表示将图像现有的阶调分布拉变成下列各种形状。

2 号曲线 表示压缩暗调层次，加深中间调，同时将亮调部分加深并且拉开层次分布。这种曲线适用于亮调层次丰富、中调及亮调偏薄的情况，如摄影曝光过度彩色原稿。

3 号曲线 表示减薄拉开暗调层次，压缩亮调层次同时减淡中间调。这种曲线用于高光层次很少，但较为明显，同时暗调层次极为丰富，暗调面积所占比例大的原稿。例如曝光不足导致的闷厚原稿，以及夜景图像等稿件。

4 号曲线 表示将高光暗调两部分拉开层次，同时将中间调压缩。它适用于中间调层次极少的原稿，如逆光拍摄的稿件及雪景画面等特殊原稿。

5 号曲线 表示将高光暗调的层次压缩，同时将中间调部分的层次拉开。这是经常采用的调节方法，可将图像的饱和度提高。在调节时应特别注意亮调部分，不能压缩太多，否则亮调会太亮而损失很多层次。

6 号曲线 表示主要拉开亮调层次，适当压缩暗调部分，适用于亮调层次多，而且在图所占面积较大的原稿。

7 号曲线 与 6 号曲线相反，是将亮调部分压缩，适用于亮调层次差别较大的原稿。

8 号曲线 压缩暗调层次，适用于暗调层次变化大、且不重要的原稿。

9 号曲线 拉开暗调，适用于暗调层次丰富要作强调的原稿。

2. 直方图工具与原稿分析

在 Photoshop 中的直方图工具是色阶（Level），如图 3-7 所示。它是由图像阶调组成的柱状图表，从白到黑的所有阶调通过沿着直方图底部的阶调灰级轴依次显示，在哪一阶调上

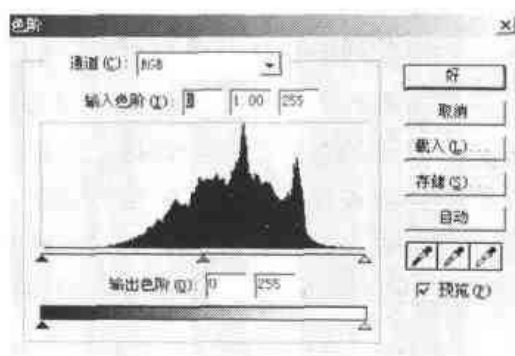


图 3-7 色阶调节对话框

面的条柱越高，图像中该阶调的像素就越多。如果像素的分布区域偏向暗调，说明原图像属于暗调图像。同样，也可得到中间调图像和高亮图像及直方图的分布情况。利用直方图来分析图像的层次分布和明暗关系是非常直观有效的。它为进一步调整和校正图像提供了直观的依据。

在色阶工具中，除了直方图以外还带有调整图像明暗极点和中间调的调整按钮（小三角形）。利用它可以直接改变极点位置，而通过对中间调按钮的调整实际上是改变了图像的 Gamma 值。其

原理如图 3-8 所示，可以看出它和曲线调整工具有内在统一性，只是它没有曲线工具直观而已。和曲线工具一样它也带有内含的滴管工具，可利用它来重新设定黑白极点和中间调的位置。

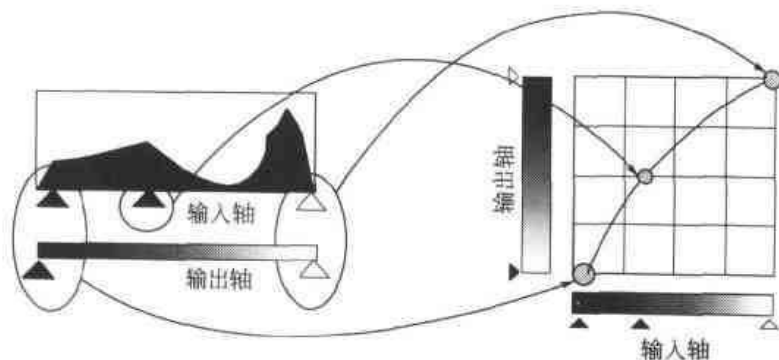


图 3-8 直方图和曲线调整工具有内在统一性

3. 滴管工具

滴管工具 (Eyedropper) 是被包含在曲线 (Curves) 和色阶 (Level) 工具之中当作极点和中点的设置工具使用。以 Curves 中的滴管工具为例，其调整原理如图 3-9 所示，它调整 Curves 中映射曲线的黑白场的极点位置，而极点之间的映射关系按极点之间连线形成的线性关系进行调整。

在使用时首先是对明暗滴管本身定义颜色值，其方法是双击滴管按钮弹出颜色选择工具框，然后输入高光极点或者暗调极点的颜色值。再用定义颜色后的滴管点击图像中重新选定的极点的像素区域。这时被选像素原来的颜色值就会被滴管颜色值所取代，而图像中其它颜色值作为按上述的调整原理进行整体的线性变换。如果用在屏密度计 (Info 工具) 观察图像，就会显示出变化前后的值。如 23/33，说明变换前是 23、变换后是 33。

确定定标数据时，应该根据原稿的阶调层次状况和印刷



图 3-9 滴管工具的调整原理

复制的特点。如果原稿密度过高，需要提亮复制，则在定标时应选择较亮的定标数据，即较小的 CMYK 网点面积率、较高的亮度值 L 或 B 、较大的 RGB 数据。此外，还要考虑印刷

条件决定的网点传递。就网点的传递而言,优质的铜版纸比新闻纸要好,因此,其高光网点面积率要低于新闻纸。同时,新闻纸容易使油墨铺展造成“糊版”,因而其暗调定标网点面积率要低于铜版纸。不同的纸张、油墨和印刷条件所对应的高光/暗调定标数据见表 3-1。

表 3-1 不同纸张的高光/暗调定标数据

定标类型	铜版纸	胶版纸	新闻纸
高光定标	1%~3%	3%~6%	8%~10%
暗调定标	90%~95%	85%~90%	75%~80%

如果是针对 RGB 彩色图像进行高光和暗调定标,应注意 RGB 灰度值大所对应的网点面积率小,RGB 灰度值小所对应的网点面积率大,而 RGB 三个灰度值相等代表中性灰色,相应的青、品红、黄、黑四色网点面积率不一定相等,应满足灰色平衡的要求。例如,在选择 SWOP 油墨、GCR,中等黑版,四色和黑色网点面积率限制 300%/100% 的设置以后,RGB 灰度值 $R=G=B=251$,其青、品红、黄、黑四色网点面积为 $C=2\%$ 、 $M=1\%$ 、 $Y=1\%$ 、 $BK=0$;如果 $R=G=B=20$,其青、品红、黄、黑四色网点面积为 $C=36\%$ 、 $M=25\%$ 、 $Y=25\%$ 、 $BK=91\%$ 。也就是说,红、绿、蓝与青、品红、黄、黑的对应关系是由 CMYK 设置决定的。

使用滴管工具的原因之一是它能较合理地影响图像的整体效果并比其它形式的校正(线性的)更安全。之所以说它安全,是由于它每次的图像改变都是以原始值为基础进行的改变,产生不理想的效果后可以很容易恢复到原来状态而不会产生操作效果叠加的现象。当然,在获得某一效果并保存以后,图像的改变就不可恢复了。

滴管工具被频繁地使用于设置印刷的黑白场、修改密度范围、进行图像校色等工作,这些将在下面的内容中详细谈到。

4. 亮度/对比度

亮度(Brightness)主要是改变图像整体的明暗层次,而对比度(Contrast)则主要改变了图像色彩灰度的反差。如图 3-10 所示的亮度/对比度对话框。

(1) 亮度 对图像的亮度进行调节时,相应的图像数据将发生均匀线性的变化。当亮度输入对话框中的输入值是负数时,则图像整体变暗,如同在整个图像上蒙上一层灰;当亮度输入对话框中的输入值是正数时,则图像整体变亮,相当于将图像整体减薄了一层。但若对话框中输入值过大或过小,图中很暗或很亮的地方会出现层次

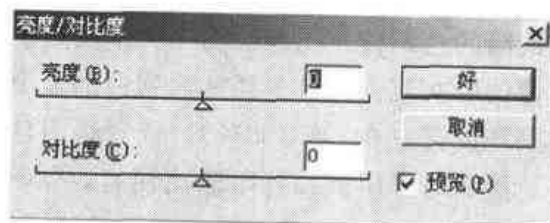


图 3-10 亮度/对比度对话框

并级的现象,如,当亮度值定为一 50 时,原图大于 80% 的部分会变为 100% 而合并,分辨不出层次变化。所以对于亮度调整时,应避免输入的绝对值太大。一般用于原稿曝光不足或过度的调整。

(2) 对比度 用对比度调节图像时,它以 60%~70% 之间某段或某个数为中心不变,两边分别增大或减小。当在对比度输入对话框中输入值是正值时,则图像亮调部分的网点百分比减小,而暗调部分的网点百分比增加,使得图像的对比更加强烈;当在对比度输入对话框中输入值为负值时,则图像亮调部分的网点百分比增加,而暗调部分的网点百分比减小,使得图像的对比减弱。

对比度的调节将损失图像的亮调部分和暗调部分较多的细节层次，所以一般不用它对图像进行调整。但对于一些细节要求不高，而只求高反差特殊效果的图片是可以使用的。

二、层次校正方法

1. 图像的层次

简单地讲，图像的层次感较好就是明暗差别和颜色差别比较明显，能较好表现不同亮度和颜色的细节，一个图像的层次是从两个方面展开的，一个是从亮度层次，也就是在中性灰

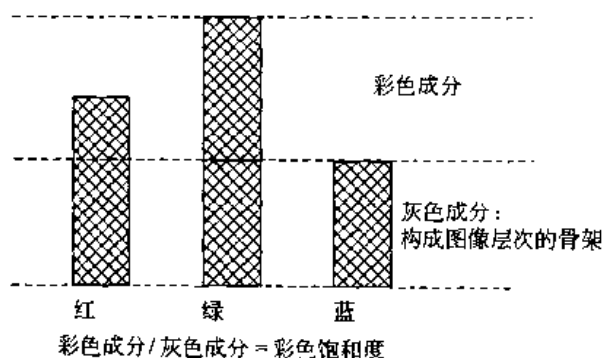


图 3-11 用 RGB 加色形成的
某一颜色的成分组成原理

色的成分上来表现。它反映了一个图像的明暗细节，构成了图像的结构骨架，是层次的基础。在这个明暗结构的基础上添加颜色就形成了饱和度不同的各种彩色，从而产生了更加丰富的细节结构。如图 3-11 所示，它表示了一个用 RGB 加色形成的某一颜色的成分组成原理。其中公共部分构成了它的灰色亮度成分，而其它部分决定了该颜色的色相，而灰色成分和彩色成分的构成比例的多少就决定了该颜色的饱和度，也就是鲜艳程度。

要使一个图像获得较好的层次感，一个要求是图像要有较宽的黑白层次上明暗色调的范围和彩色层次上最大的色彩张开度，另一个是要求图像的层次有一个较合理的分布，以最大限度地表现图像中最重要的细节。

另外，这里所讲的层次校正是针对灰度明暗层次而言的，至于彩色层次的问题将会在颜色校正中提到。

2. 与印刷适性有关的层次校正

层次校正对于任何图像都是很重要的，而且对于输出后进行印刷的图像则是非常基本的。下面分别叙述两个基本的校正操作。

(1) 图像的高亮点和阴影点（即白场和黑场）的设置 白场和黑场是一幅图像上的最亮和最暗的色调值。图像的输出类型决定了应如何设置这些点。对于非印刷类型的电子出版，图像的层次范围应该包括从黑到白的整个色调范围，也就是最亮的点设置成为 255（或 0），将黑场设置成 0（或 100%），或者采用自动调整选项强制将色调分布在整个色谱上。

然而对于印刷和打印输出而言，情况就不是这样。在扫描原图像的层次为全色调范围（0~100%）时，一般都要求将图像中的层次压缩到小于全色调的范围之内后再进行输出。究其原因，是由于印刷适性当中的一个重要特性：在印刷图像的高亮处，一般在 3%~5% 的高亮区域是印不出来的，也就是说 3%~5% 的灰度变成了 0 的“纯”白色，也就是纸张的颜色。这样图像高亮度区域的细节就会丢失。而相反，在 90% 左右的暗调区域以上都会被印成 100% 的黑色，这样，暗调细节就会丢失。为了补偿这种印刷适性对再现图像层次的影响，就必须对印刷用的图像进行层次压缩，例如，将 0 的白色压缩到 5% 的灰白色，而将 100% 的黑色压缩到 90% 的暗灰色上。

对印刷用的图像设置黑白场，一种方法是在扫描软件中进行前端设置，另一种是用后端图像处理软件，如 Photoshop 中进行后端设置。下面以 Photoshop 中的处理为例来说明处理过程，实际上无论前端还是后端软件的处理都是类似的。

校正的第一步是确定印刷极点，其中高光极点可分成两种。一种是没有信息的点，纯白

纸，称为镜面高光；另一种是携带有细节和具有信息的高光点，可称之为散射高光。这两种高光都很重要。确定印刷高光极点实际就是寻找合适的散射高光点，用在屏密度计 Info 检查重要的散射高光点的颜色值，看它是否位于可印刷的范围以内。如果在范围内就不用进行调整，否则就用极点调整工具把它压缩设置到能够印刷的最高颜色值上，以使它能被印刷出来。同样原理，对暗调点则选用需要呈现暗调层次的最适当区域并检查其值，如果超出可呈现的暗调层次的最深颜色的值，则用极点调整工具将它向亮调处压缩，使之可呈现出细节和层次。

设置用于印刷的极点的最好方法是使用高光和暗调滴管。在 Photoshop 的曲线和色阶工具中都有滴管工具，它们的功能如上面所述专门用于设置极点，并对极点之间的色调按极点之间的范围进行线性映射。极点颜色值的设置要依照具体的印刷条件而定，一般是使用 C、M、Y、K 颜色值设置。大多数情况下，在白纸上打印时，最常用的 CMYK 高光极点值是 5、3、3 和 0，RGB 等量值为 244、244、244，灰度等量值为 4% 的点。而暗调极点常用的 CMYK 值是 65、53、51 和 95，RGB 等量值为 10、10、10，灰度等量值为 96% 的点。

最后需要说明的一点是，上面所述的黑白极点的设置是压缩层次的过程。作为相反的过程，如果扫描原图像的层次被局限在某一个范围之内的话，还可以通过极点设置将图像的层次展开到最大的范围上。

(2) 网点增大的补偿校正 网点增大的直接效果就是使得印刷和打印的图像变得层次较暗和颜色较深，特别是中间调的这种效果最为明显，因此网点增大的补偿就变得十分重要了。

① 用 Photoshop 中的曲线工具来直接校正改变图像中的数据是最快和最容易的方法。同样也可以用前端扫描软件中类似的工具来设定扫描采集映射曲线以获得经过补偿的数据。其补偿方法如图 3-12 所示。例如，假设网点增大为 10，则对色调曲线上 50% 的点设置控制点，将该点调到 40% 的调子处。那么扫描和加工的图像在中间调时看起来比原图要亮一些，但在印刷（或打印时）时，40% 的点将变暗到 50%，就像原稿一样。用这种方法扫描及修整后的图像应在文件名当中反映出来，如 grip/10.tif 之类，以便输出和管理。

② 另一种补偿方法是以 EPS 格式存储输出传递曲线并在输出时由 RIP 做出校正处理。在 Photoshop 中选择文件 (File)/页面设置 (Page Setup)，再选择传递函数 (Transfer Function) 按钮，则有类似于曲线的曲线映射工具，并可按不同色调将校正要求的网点百分比填入各个色调值的修改方框中。然后选择 EPS 存储格式并点击包括传递函数 (Include Transfer Function) 按钮，以 EPS 格式存储。在这种校正中图像信息不会改变，但文件中嵌入了传递函数，以供 RIP 软件在输出时以同样的方式对网点增大进行补偿。

这里要说明一个很有意思的问题。在某一特定的网点增大率的条件下，网点从小到大，其增大的绝对值是一种线性增加的关系。而在图 3-12 中给出的校正映射曲线是一条“弧线”，可以看出这种校正并没有完全抵消网点增大的线性关系，是在中间调的地区比较好地

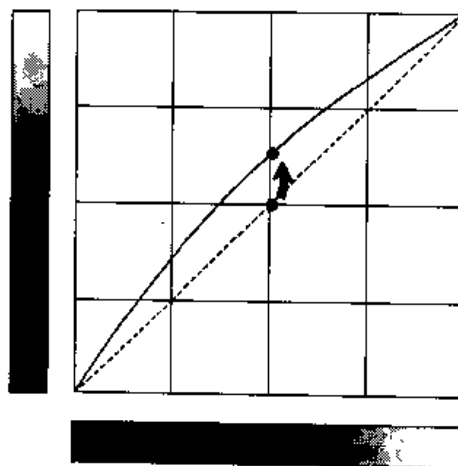


图 3-12 使用映射曲线来补偿网点增大对图像的影响

抵消了网点增大的因素。上述的这条弧形映射曲线是按指数规律分布的，也就是 Gamma 曲线。之所以要这样使用，是由于人的视觉对中间调亮度区域最为敏感，也就是视觉在亮度上的不等距（按指数关系）分布。如果作一个在物理亮度值上等距分布的梯尺，在视觉上中间调就有被压缩的感觉。这也就是为什么在同样网点增大率的情况下对图像中间调的影响最大的原因所在。因此，就可以简单地以中间调为基点通过 Gamma 曲线来进行补偿校正，与用线性的完全校正相比，它既简单又有效。另外由此延伸，在作层次和颜色校正时经常使用 Gamma 曲线工具来构造映射关系，也有这方面的原因。例如，用 Gamma 映射线来加亮一幅较暗的图像，加亮的效果就会使层次过渡比较柔和并符合视觉美感。

3. 优化视觉效果的水平校正

有许多原稿图像有许多缺陷，表现效果较差，在这种情况下只要适当地使用层次校正和颜色校正功能，往往可以产生很好的效果。下面讲一些典型的优化校正方法。

(1) 曝光不足的校正 这种图像整体偏暗，层次压缩在暗调范围没有展开，故无法较好地表现画面中主要物体的效果。处理的方法如图 3-13 所示，利用高光滴管工具选择图像中相对较亮的灰调高光部分重新设置高光极点，从而将图像的层次扩展到整个色调范围，图像亮度被整体按线性关系提升，昏暗中的细节明显起来。

(2) 曝光过度的校正 这种图像整体偏亮，层次主要集中在亮调部分，而暗调部分过亮，牺牲了部分层次空间。如图 3-14 所示，对它的优化校正方法是使用暗调滴管点击合适的图像暗处，将它映射到更暗处。从而拉开图像的层次，增强图像对比度。

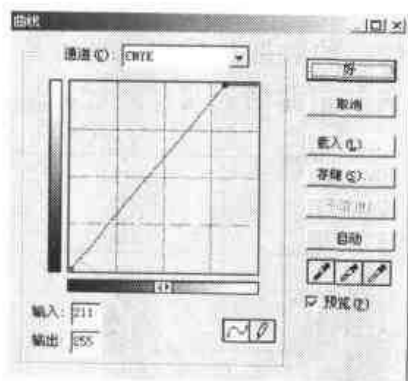


图 3-13 曝光不足的校正

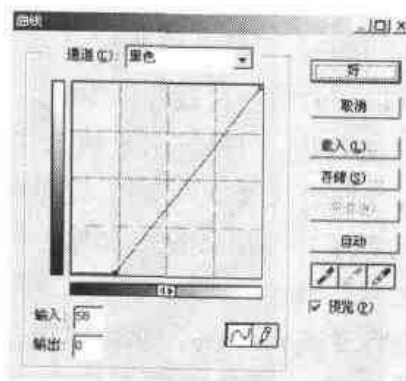


图 3-14 曝光过度的校正

(3) 增强图像的反差和细节 这种调整是一种基本的优化处理，其主要作用是对图像中需要特别突出表现的某一亮度层次上面的细节加大反差以突出细节。当然，这种处理的结果必然是以牺牲其它部分的反差与细节表现能力为代价的。但是在许多情况下这种牺牲是值得的。这种调整中可以分成四种类型（见图 3-6）。

① 增强中间调层次、压缩明暗两端的层次 这种处理一般应用于色调平衡的图像，以增强中间调的细节表现力，因为人的视觉对中间调最敏感。因此，经过这样处理的印刷图像效果都比较理想。它们的映射曲线是 S 形的，可以看出亮调和暗调处的层次范围都被减少了，而中间调范围增加了。其操作过程是分别在四分之一处和四分之三处设置控制点，并且分别将两点向亮调和暗调方向拉动到合适的位置即可。这时的曲线将按指数算法平滑过渡。

② 增强亮调层次、压缩暗调层次 这种处理的典型方法就是在映射曲线的中点位置处设置控制点，并向亮调处拉动，使直线变成弧形，这种处理一般用在亮调层次为主的图像中，效果是增强了亮调部分的反差和对比度，也同时使整个图像变暗。

③ 增强暗调层次、压缩亮调层次 这种处理方法和上述的方法正好相反，用来扩展暗调层次的对比度，压缩了亮调的层次，也同时使整个图像变亮。

④ 针对特定层次的调整 在有些图像的处理和创意时可能需要突出某一部分的细节，如皮肤的纹路、头发的层次感等。这就需要对特定层次区域的层次范围进行扩展。

在此要特别明确一个概念：层次调整一般都是使用图像的复合通道进行的，因为层次是针对图像中的灰色成分而言的，而复合通道就是反映这种成分的。

第三节 颜色校正

彩色印刷复制是色彩分解、色彩传递、色彩再现的复杂过程。在复制过程中，由于受到诸多因素的影响，如扫描过程、光电转换系统、光源、镜头、分色滤色片、感光材料、纸张、油墨等，色误差的产生是必然的。要想获得理想的彩色印刷复制，就必须设法校正这些色差，实现理想的颜色信息再现。

一、颜色校正的前期要求和校正工具

彩色原稿的印刷过程通常可表述为图像信息的色分解和色还原两个过程的组合。所谓图像信息的色分解是指通过图像变换处理从原稿分解出 Y、M、C、K 四色色版，而图像信息的色还原则是指通过图像变换处理使由 Y、M、C、K 四色色版所构成的分色图像在同一承印物上叠合，再现原稿图像的色彩和阶调。在实际复制过程中，由于各种条件的不理想，色差的存在是必然的。色差主要来源于三个方面：一是原稿自身由于摄影过程及材料而造成的色偏和呈色介质变色（色衰减）造成的色偏；二是色分解过程中的色差，主要是光源、镜头、滤色片和光电倍增管等的误差；三是色还原过程中的色差，主要是纸张和油墨的误差。

印前系统作为彩色复制的重要组成部分，其自身的采样即是一个色分解过程，同时还要弥补后工序中诸如油墨还原中的色误差。因而输入给图像信息处理系统的分色信号的色差存在是必然的，因此采用必要的校正手段也是必不可少的。

在进行颜色校正前，应该做好对所使用设备的标定、检查扫描图像的质量以及设置正确的黑场（黑点，图像中最暗的点）和白场（白点，图像中最亮的点）等。此外，为了及时了解校正效果，还得调用合适的预视功能。

1. 颜色校正的前期要求

(1) 设备标定和系统标定 标定是一种调整显示器和图像转换参数的过程，其目的是为了补偿影响屏幕上显示的图像与转换到打印输出时导致结果不一致的各种因素。有两种类型的标定：第一种标定是设备标定（Device Calibration），指的是标定用户使用的显示器以及调整用户的照排机（用于输出分色片）；第二种标定是系统标定，这是调整图像从 RGB 模式转换到 CMYK 模式时影响图像颜色变化的参数。

显然显示器是 RGB 设备，可以显示大部分可见光谱内的颜色，但视频系统传送到显示器的数据通常会限制一次同时显示的颜色数目。此外，在显示 CMYK 图像时，图像处理软件必须将 CMYK 图像的数据临时转换为 RGB 数据，才能在屏幕上显示它。因此，对显示器的标定将影响 CMYK 图像如何在屏幕上显示，但不影响对 RGB 图像的显示。

为了使屏幕显示与打样结果尽可能一致，建议使用固定的光源，即在观看原稿、打样稿和进行图像处理时使用同一光源，要保证环境光的稳定。

(2) 色彩校正之前应该首先进行层次校正 也就是首先对印刷极点进行检查和调整以及

对图像层次分布进行调整。因为从呈色机制的原理来看,可以说色彩是在中性灰层次基础上呈现效果的,所以,应该先将基础性质的灰色层次校正完毕后再进行色彩调整。否则,如果先调整色彩,那么在进行层次校正时色彩又会发生变化,因为层次的分布改变至少也会破坏色彩原有的饱和度,而由于灰平衡关系,在图像中灰成分的比例发生变化后,对色彩的改变也会很大。

(3) 颜色空间的选择 不管图像是 RGB 模式还是 CMYK 模式,均可实现全部阶调调整和颜色校正。做色彩校正时选择哪一个颜色空间是很有讲究的,因为不同的颜色空间其色域范围有一定差别,同时也和输出介质有关。在印前处理中使用的两个基本输出介质空间是屏幕和扫描仪的 RGB 空间与印刷和打印使用的输出介质颜色空间 CMYK。用 RGB 颜色空间进行校正的优点是有较大的色域范围,以及由于和显示器彩色空间一致使得处理速度较快。但这种校正和处理的图像用于印刷输出时必须转换到 CMYK 空间来,这时会有部分颜色无法在 CMYK 色域中显示出来,也就是颜色超出了印刷色域。而在 CMYK 空间中作色彩校正的主要优点是校正后的图像直接用于印刷而不会产生颜色偏移,另外 CMYK 色空间是较容易由人直接感受的颜色空间,在表示某一种颜色及其变化的时候这个空间更容易被人们接受,特别是对以前从事印前处理的人员更是如此。

因此,一般情况下可以对图像在 RGB 空间中校正,而在 CMYK 空间中对图像进行细微调节。这样既充分利用了 RGB 的优点,也照顾到了对 CMYK 的需要。

2. 颜色校正工具

由于彩色复制过程中色差存在的必然性,采用必要的校正手段也是必不可少的。色彩校正的方法多种多样。对于高档输入设备,在图像输入过程中就可以进行色彩的初步校正,在图像处理过程中,可以就图像的色彩进行具体的分析和最后的校正处理,Adobe Photoshop 软件中提供了多种色彩调节工具进行色彩校正,即 Photoshop 软件具有强大的色彩调节功能,这些功能各有优缺点,应在不同的条件下使用相应的功能,以达到最佳效果。

(1) 阶调曲线校色工具 在颜色校正处理中使用的工具仍然主要是前面提到的曲线和色阶工具,在层次校正中使用的是这些工具当中的复合通道,而在颜色校正中使用的是工具中的单色通道。通过对某颜色通道中的映射关系进行调整就可以改变图像中整体或者是某个亮度层次上的颜色。这类校色方法的原理很简单,实质是单独调节彩色图像的一个或几个原色通道达到校色的目的。

例如,一幅 RGB 模式图像,整体偏向红色,可以在“曲线调节”功能下选择“红色”通道,调节曲线,把红色通道的灰度级降低,或者提高“绿色”及“蓝色”通道的灰度级,达到校正偏色的目的。同理,一幅 CMYK 四色图像,暗调偏向黄色,可以在其“黄色”通道内调节层次曲线,降低黄色暗调的网点面积率,就可以校正其偏色。对上述 RGB 模式图像,可以通过高光/暗调定标的方法校正偏色。将偏红的高光点和暗调点定标成 RGB 灰度级相等的白色/黑色,可以从某种程度上校正图像的整体阶调偏红。对上述四色图像,其暗调定标点确定为不偏黄色的点,就可以校正图像暗调的偏色。

利用“灰度级校正法”校正上述偏色时,可以在“红色”通道内降低中间调系数,使红光灰度级降低,达到校色的目的。

(2) 色平衡工具 色平衡工具 (Color Balance) 是一个专门用于颜色调整的工具,在 Photoshop 中的操作界面如图 3-15 所示。它的特点是在调整某一颜色时,同时使用它的互补色作反向调整,以增强调整效果,并且具有保持图像整体亮度不变的能力。换句话说,向

互补色相移动滑块，可以校正图像整体偏色。例如，图像的亮调偏黄，而暗调偏红，在操作界面的下方“阶调平衡”框中选择“亮调”，然后在“黄-蓝”轴上向蓝的方向（黄的相反色）移动滑块，纠正亮调偏黄的误差。然后在“阶调平衡”框中选择“暗调”，在“青-红”轴上向青的方向（红的相反色）移动滑块，就可以校正暗调偏红的误差。

在对话框中各部分的功能如下。

① 颜色级数 (Color Levels) 分别表示

青、洋红、黄、红、绿、蓝变化的相对数量关系，其变化范围为-100~+100 之间。正负号是以红、绿、蓝来定的，即向红、绿、蓝方向为正。其方框中输入的数据与下面的三个三角滑块是相对应的。如在第一栏中输入-100，则三角滑块会向青方向移动，此时表示减少了红，同时加进青。三角滑块下而是暗调 (Shadows)、中间调 (Midtones)、高调 (Highlights) 的区域选择，三个单选按钮表示当前调节的图像的不同区域。

② 保持亮度 (Preserve Luminosity) 选项表示是否明度的变化显示出来（颜色的变化会影响色彩的明暗）。若不选该项，受影响的只是当前改变的颜色，如改变颜色青色，则品红和黄不受影响；若选中该项，则改变任一颜色，别的颜色也会随之变化。

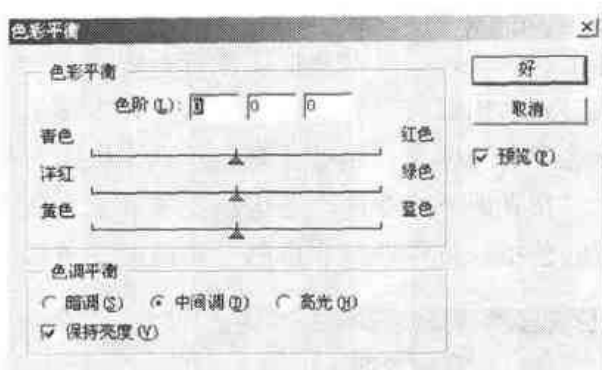


图 3-15 色平衡工具

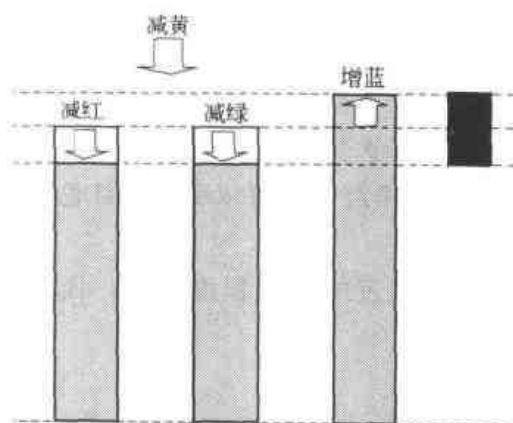


图 3-16 平衡工具的 RGB 加法呈色原理

■一增蓝总量

它是双向调节，两个互补色的亮度有增有减，故能够保持亮度。而 Curves 和 Level 工具中的校色工具都是使用通道对某一颜色单独进行增加或减少的调整，因而没有这种特性。另外，色平衡工具也可以设置成单向调节方式。

总之，用色平衡工具来校色会使图像的颜色变化比较平衡，层次感不会因颜色变化发生较大变化，特别是图像的整体亮度可以保持不变。所以颜色平衡工具是一种比较优秀的颜色校正工具。

这里还要强调一点是这个工具是一种整体颜色调整工具，它对某一个层次上的颜色调整是无能为力的。

(3) 色相/饱和度工具 色相/饱和度工具 (Hue/Saturation) 也是一个专门用于颜色调整的工具，可以用来改变图像的色彩组成、颜色的饱和度及图像的亮度值，该工具主要用在

HSB 色彩模式中编辑图像。它有两种功能：一是按照色相、饱和度和亮度对彩色图像进行修正和改变；二是对灰度图像进行着色处理。调节界面如图 3-17 所示。这个颜色空间对颜色的表示比较符合对颜色的理解，许多被艺术家和美术工作者所喜爱的实用颜色色系都是基于这类表现体系，例如孟塞尔色系、奥斯瓦尔德色系以及日本色研配色体系（PCCS）等。

在界面下方有两个色谱渐变条，上方色谱条代表图像原来的色相，下方色谱条代表处理后的色相，可以通过观察两个色谱渐变条的对应关系了解色相将如何变化。当选择某个色相区进行校正时，两个色谱渐变条中间会出现

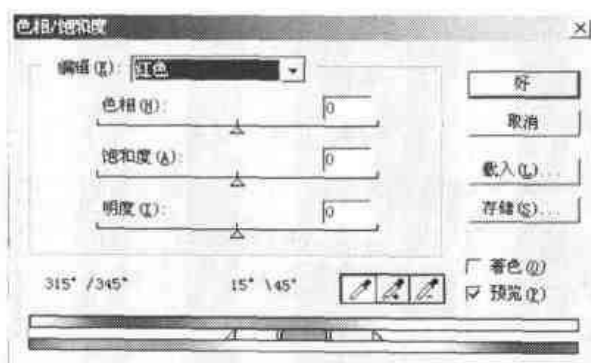


图 3-17 色相/饱和度调节界面

一组控制滑块。如图 3-17 所示，中间深灰色控制块是处理作用较强的“主颜色区域”，在深灰色控制块的两侧各有一个浅灰色控制块，代表处理作用逐渐减弱的颜色区域。操作者可以利用滑块改变主颜色区域和渐弱区域的大小，还可以使用界面中的三个吸管工具（普通吸管和带加减号的吸管），用图像中吸取颜色的方法确定颜色范围或者增 / 减现有的颜色范围。

在“全部色相（Master）”方式下改变色相，往往会造成特殊的颜色效果，在图像特效处理中使用较多。如果图像的色相偏差恰好满足下列条件，即红偏向黄、黄偏向绿、绿偏向青、青偏向蓝、蓝偏向品红、品红偏向红，而且偏色程度接近，那么可以选择“全部色相（Master）”，将色相调节数据降低（负数），即可纠正色相误差。

大多数色相偏差的情况是各种色相的偏差不一，只能采取不同色相范围单独校正的方法。例如：图像中应有的大红色偏向黄，即呈现橙红色，可以选择“红色区（Reds）”，将色相调节数据减小，使图像中的红色区颜色向品红方向变化，橙红色就可以变成大红色，校正了原有的色偏。

图像饱和度（Saturation）调节数据的增加能够使图像中颜色的鲜艳程度上升，而图像亮度（Brightness）的提高会使图像中颜色的亮度提升。

在调节方式上它有以下很明显的特点。

① 调节范围控制 它可将整个可见光谱范围或某个局部区段作为调节颜色的区域，即整体（Master）和 R、G、B、Y、M、C 共七个默认的区段。这里的 R、G、B 等是代表一个范围而不是一种颜色。在选择某个区段时会如图 3-17 显示它在色谱上的范围，并可以调节这个范围的大小。工具将只是对落在这个颜色范围内的颜色发生调节作用。这种区段调节特性对于各种添加颜色的琐碎工作，例如对图形着色进行变色以及对图像中某一范围的颜色进行校正和改变等，提供了一种多用途的简化调控方法。

② 颜色调节程度 在选定的调节范围内，色相调节的范围可以是整个色轮，也就是可以将颜色的色相变成相对色（互补色），例如红色变成青色、绿色变成品红色。这种大范围调节特别适合进行颜色替换等着色处理。另外，通过对饱和度和亮度的调节可以方便直观地得到颜色的不同色调，这对颜色的自由设计特别适合。当然，这种自由设计要求屏幕显示和打印输出必须有颜色管理系统的配套。

③ 着色 选择着色（Colorize），可给灰度图（先转化为 RGB 模式）加色，相当于加滤色片的效果。同时可以为整幅图定义一个基本色调，下面的调节是在此基础上进行的。

(4) 选择性颜色工具 这一颜色调整方法采用了高端扫描仪使用的颜色校正技术、来源于电机扫描时的颜色校正方法，称为选择性色彩校正，高档扫描仪和专用的分色程序通常都有选择性色彩校正 (Selective Color Correction) 功能。该工具的功能为先选择颜色，然后改变其数据。如图 3-18 所示的对话框。

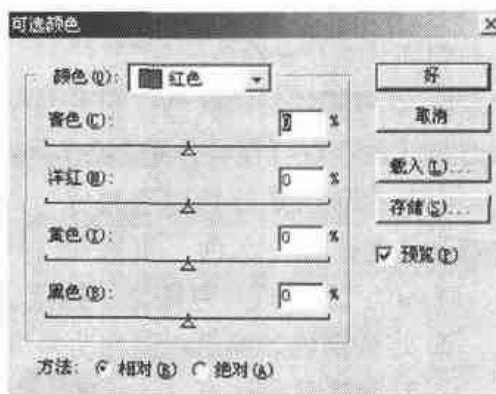


图 3-18 选择颜色工具对话框

① 颜色 (Color) 选项用于选择对图像的哪种颜色进行调节，可供选择的有红色 (Red)、黄色 (Yellow)、绿色 (Green)、青色 (Cyan)、蓝色 (Blue)、品红色 (Magenta)、白色 (White)、中性色 (Neutral) 和黑色 (Black)。当选择 R、G、B 时，只有这些二次复合色中包含的颜色才能有作用。

如当选择绿 ($G=Y+C$) 时，不管怎样改变 M 的百分比，都对原图无影响。另外，当选择这些复合色，必须是基本色中最小的颜色数据大于相反色，色块才能被选中，如当选择 R 时，图中有一红色的数据为 $C30\%M80\%Y20\%$ 就不认为它是红色块，数据将不产生变化。当颜色项选择 C、M、Y 时，只要该色数据比别的都大，就认为是选中区，如当选择 M 时，不管 C、Y、M 的数值是多少，只要它的数据量最大就行。当颜色项选择中性色时，则可作用于图中 C、M、Y、K 都有的部分，而不管其成分含量多少，该功能可用于改变含灰色块的饱和度。当颜色项选择黑色时，必须是彩度值低到一定程度时才能被选中，该功能对于校正暗调黑场部分的偏色有很大作用。例如，要校正原稿图像中的偏蓝的青色，在“颜色 (Colors)”框中选择“青色 (Cyan)”，改变下面青/品红/黄/黑四个调节滑块，分别可以增/减颜色中四种颜色成分的量，达到校正颜色的目的。注意，此处的“青色”是指原稿图像中的青色相，而不是指图像中的青油墨量。由于青色偏蓝，说明其中的品红量偏多，因此可以减小品红量，使偏色消除或减轻。

② 方法项中的相对和绝对选项是指改变数据的两种方法，相对是指在调整当前 CMYK 值是在原基础上加或减。如果在 50% 的 C 中增加 10%，相当于在 C 中增加了 5% (50% 的 10%)，其总的百分比变为 55%；绝对是指以绝对值的方式调整色彩，即是直接往上添加，而不考虑原先的数据，如在 50% 中增加 10% 时，采用绝对的方式其总的网点百分比为 60%。

③ 选择性颜色校正工具一个非常有用的颜色校正工具，也是一个专为印刷工作者设计的工具。很多情况下都会用到它。它的特点是可以对图像上某类颜色进行调校，但不用作相应的选择区，并且对周围其它颜色没有什么影响。它在起作用时是选择某类颜色作为处理对象，对这类颜色的成分中的 C、M、Y、K 进行增加或减少，达到颜色调节的目的。

选择性颜色校正的理论基础是：可以将画面上成千上万的丰富颜色分成基本的九大类，即黄色系列、品红系列、青色系列、红色系列、绿色系列、蓝色系列、黑色系列、中性灰色系列、白色系列。然后选择某一系列颜色作为校正的对象，对它们含有的 C、M、Y、K 进行增减。

要对某一颜色进行选择性颜色校正，如何判断它属于什么颜色，最精确的方法是看颜色的网点百分比。

a. 如果某色是由 C、M、Y、K 中一个色组成的，则十分好判断。只含 C、M、Y 就是 C、M、Y 色；K 值很大，如 $K > 85\%$ 可认为是黑色，K 值小，如 $K < 10\%$ ，可认为是白色，K 一般则认为是灰色。

b. 如果某色是二次色，则可判断为三种情况：如 Y、M 组成的 Y80%、M60%，则可认为是红色，也可以认为是黄色；而 Y60%、M80%，则可判断为红色或品红色。

c. 如果该色是三色以上构成，则可以认为是三种情况：Y、M、C 之一与其它色相差大，则可判断为一次色；如果 Y、M、C 三种中二者较大且接近，可判断为二次色；如果 Y、M、C 三色接近可判断为中性灰色。

d. 暗调颜色如偏黑，可判断为黑色。

e. 对网点百分比小，且灰度值小于 15% 下的颜色，也可判断为白色。从以上分析可以知道，一个颜色可以把它归入不同的颜色类型，究竟在操作中把它确定为什么颜色，还得具体情况具体分析。在进行选择性颜色校正时，某色可能归属到几种可能的颜色类。

在选择用什么色来作调节对象时，应该注意用作选择性颜色校正的颜色与图像上其它颜色的差距有多大，在进行调校时会不会对相邻颜色以及图像上其它区域颜色产生影响。一般应选择不对周边颜色或图像上其它区域颜色产生影响的颜色来作选择性颜色校正。例如要调整的颜色为 C80% Y60% M15%，该色可以认为是绿色，也可认为是青色，也可以认为是中性灰色（因它含有灰分），如果画面上其它地方还有绿色，不想使它们产生变化，可以选择青色选择性颜色校正。一般图像上复色颜色很多，故选择中性灰颜色来作选择性颜色校正的情况很少，因为会影响其它颜色。另外，如果不存在对其它颜色影响的问题，可以选择调校时效果较高的颜色来做选择性校正。如颜色 C80% Y60% M15%，选择绿色作选择性颜色校正，降低品红，幅度为 -100% 时，变为 C80% Y60% M80%；当选择青色作选择性颜色校正，幅度仍为 -100% 时，变为 C80% Y60% M12%。这时选择绿色作选择性颜色校正效率较高。

作选择颜色（Selective Color）调节时，RGB 色彩模式和 CMYK 色彩模式的变化会有所不同，一般应在 CMYK 色彩模式下进行选择颜色调节：选择颜色的理论基础是每个色是由 C、M、Y、K 的不同网点百分比组成，因此，作选择颜色前，应将图像先转换为 CMYK 色彩模式。如果是 RGB 模式，所产生的变化会和你所希望的有些差别。同一颜色在 RGB 色彩模式下可能非常鲜艳，转为 CMYK 模式后，会变得暗淡些，在作选择颜色调节时变化会不一样。在 RGB 模式下并不按照你的要求产生改变，没有改变 M 值，但 M 值却产生了变化，没有改变 K 值，但 K 值却产生了变化；而在 CMYK 模式下则是严格按照你的要求来产生相应变化。因此，要切记作选择颜色的图像应为 CMYK 色彩模式。

（5）替换颜色 如果需要将原稿图像中的某类颜色改变成另外的颜色，可以制作该类颜色选区，再用“色相/饱和度”功能调节的方法；还可以使用“选择性校色”的方法对图像中该色相的颜色进行专门的校正。在 Photoshop 中，使用“替换颜色（Replace Color）”功能，可以在不做选区的情况下有目的地改变某些颜色。

Photoshop 的常用图像工具在调节图像层次和颜色时各有特点，并且具有自己特定的针对性。如色阶工具，在调节图像的亮调、中间调、暗调的深浅有较强的功能，但是不容易具体控制到某一网点百分比附近的阶调变化；而曲线由于可以调成任意形状，在控制阶调方面更细致一些，它在图像的亮调和暗调的处理（即曲线两端）功能不强，处理时变化面太大，不如色阶好。因此建议调节图像黑场和白场最好用色阶工具。色彩平衡工具在调节颜色时对

颜色的影响面太大，而且调节一个颜色往往会引起很多颜色的变化，一般用得较少。即使使用，调节幅度也不会大。色相/饱和度工具和选择性颜色工具的特点是可以进行特定颜色的选择性校正，而不用作选择区，并且对其它颜色可以不产生影响，是调节图像的常用工具。

二、颜色校正方法

1. 色偏判别法

(1) 中性灰平衡 对色彩校正来说，灰平衡是一个非常重要的概念，它指的是黄、品红、青三色版按不同网点面积配比在印刷中生成中性灰的效果。而这时的灰色亮度比原色要暗一些。另一种灰平衡是指用红、绿、蓝三原色按一定量相加也可得到中性灰，只是这种灰色比原色要亮一些。在印刷中使用的灰平衡概念都是指前者，在灰平衡比例关系中，青要比品红和黄的成分比例多一些，当然若油墨的类型或生产厂商不同，则黄、品红、青三色的配比也会略有不同，但总归是青要大于黄和品红。关于灰平衡的概念将在第四章中作详细的论述。

(2) 判别方法 如果知道了生成各种亮度的中性灰所需要的原色成分，就可以把原稿中的中性灰区域作为重要的色彩校正工具。用在屏密度计工具（Info）测量扫描图像中的颜色值，如果出现本应是中性的区域，而其值不是，则说明发生了色偏。更为重要的是，因为知道何种颜色叠加可以产生中性灰，便可知道如何校正图像了。如果在扫描时做这项工作，色彩校正的时间将大大减少。

散射高光区域是检查中性灰的最好区域。高光区不一定是中性灰，但相对其它亮度颜色区域，其灰色成分要多一些，所以最好从这里开始检查。这样不但可以查色偏，还可以同时检查散射高光极点处是否过亮，如果是就会造成印刷网目调网点太小，印刷时就会被丢失而呈现纸白。

当然图像的其它应该呈现中性灰的部分都可以用来检查色偏并用作校正的作用点。如果图像中缺少中性灰，也可以在扫描时夹扫一条灰梯尺以用作中性灰检查和校正。

2. 定标校色法

定标校色法主要针对偏色原稿，对图像的白场、中间调和黑场进行重新标定，从而校正图像的偏色。校色工具是高光、中间调和暗调滴管。前面谈到它标定印刷用的极点并进行层次范围的调整，这里把它当作色彩校正的工具来讨论。

(1) 定义滴管颜色的方法 双击滴管图标，激活它的颜色定义窗口，然后向各个滴管输入目标值，在用滴管工具校正色偏时，高光、暗调和中间调滴管应输入与图像中需要去除色偏区域的亮度接近的中性灰颜色值，要注意图像中较亮区域的校正应使用高光滴管，暗调区应使用暗调滴管校正。

(2) 校正操作的方法 将定义好中性灰值的滴管移到图像中带有色偏的灰色区域并点击即可。这样原来含有色偏的灰色区域的像素颜色值被改变成滴管的颜色值，于是这个色调范围左右的色偏一般即可被消除。

(3) 联合校正方法 这种方法是指在进行中性灰校色时，一般都是和印刷极点设置同时进行的。也就是说将图像中散射高光区既作为印刷极点的设置点，又作为较亮区域的中性化校正的校正点。而对于暗调区域也可将暗调极点设置和暗调中性化操作同时进行。

假设有一个图像，它的漫射高光区的值是（4C，1M，1Y，0K），可以看出它的值太小而无法印出其网点，同时带有色偏，颜色偏青。校正的方法是首先打开曲线（Curves）工具，双击高光滴管，并输入目标值（5C，3M，3Y，0K）。然后使用定义了中性灰目标值的

滴管点击图像上可辨认出的散射高光点，即将该点映射到定义的颜色值上，这时印刷极点设置完成，同时较亮区域中多余的青被去掉而获得中性平衡，完成了颜色校正。

3. 波段校色法

所谓波段校色就是指某一亮度层次上，或某一颜色范围内进行的局部性的色彩校正。如果画面中需要调整的颜色聚集在一段亮度层次或颜色范围内，例如对画面上的蓝色天空、衬衫的红色、鲜花的黄色等，就可以有效地使用这类方法。具体方法分为两种。

(1) 层次波段校色法 首先打开曲线工具，将光标移到需要进行颜色调整的图像区域并按下鼠标左键以测量其亮度区域。然后打开需要调整颜色的通道，在相应的映射曲线上，由上面所测的亮度区设置控制点并上下拉动用以增加或减少这种亮度范围上的颜色量。

进行调整时适当地小步调整比大步调整要好，也就是说，略微地做 5% 的调整后看一看效果，而不要大幅变化。

(2) 颜色波段校色法 这种校色法使用的是色相/饱和度工具，首先确定要校正的颜色在对话框下方色谱上的位置和范围，然后挑选合适的默认整体 (Master) 和 R、G、B、Y、M、C 范围，并可利用范围条件工具重新进行移动和设置。确定范围后就可以进行色相/饱和度/亮度的调节和校正。这种处理只对于图像中的某种颜色起作用，例如向日葵的金黄色等。而同时又可以保证其它区域的颜色不变化。

使用有选择性的不同层次和颜色范围的校正在许多情况下比整体校正要有益得多，这对提高图像的质量和进行创意的变化和强调是十分重要的。下面所讲的关键色校正处理中主要就是使用波段校色的方法。

4. 关键色校正法

关键色也就是常说的记忆色，因为人们对这些颜色有十分熟悉的印象，如蓝色的天空、绿色的草地、黄色的土地、人的肤色等，因此如果图像中这些颜色表现不准确，就很容易被人们发现。因此这些记忆色的准确表现是一幅图像中最基本和最关键的质量要素之一。对记忆色的调整不能看屏幕上的颜色，最基本的办法就是记住常用记忆色的 CMYK 四色印刷的颜色值，并将图像中的相应记忆色调整到这个颜色值的附近。下面是一些典型记忆色的调整实例。

例 1 皮肤颜色。在 CMYK 空间中，肤色的基本色成分通常是黄色，其次为品红色，一般比黄色少 10% 以上。青是第三色，其值一般为品红的 $1/3 \sim 1/2$ 。表 3-2 所列是不同肤色人种的典型的肤色颜色值。如对图像中的肤色用 Info 工具进行测量，发现肤色偏红。校正的方法是打开 Curves 工具，测量肤色的色调范围，然后打开品红色通道，在品红色映射曲线上的肤色所在的色调范围上设置控制点并向暗调方向（也就是减少品红色的方向）拉动曲线。注意映射曲线改变的局部性并以适当的小步进行调整。

表 3-2 不同肤色人种的典型的肤色颜色值

颜色	非洲人	亚洲人	高加索人
青	35	15	18
品红	45	43	45
黄	53	53	30
黑	0	0	0

表 3-3 蓝天的典型值

颜色	天蓝	偏暖	偏冷
青	60	60	60
品红	23	45	15
黄	0	0	0
黄	0	0	0

例 2 蓝天。蓝天中的基本色成分是青，其次是品红，并尽可能减少蓝天中的黄色，黄

使蓝天趋于褐色。如果需要加深蓝天，最好增加黑色而不是增加黄色。蓝天的典型值列于表 3-3。从表 3-3 中可以看出青和品红的关系决定蓝天的阶调和色相。品红越多蓝天越趋于暖色，在冷色调的蓝天中，品红色大约是青色的 30%~40%。

从例 2 可以看出要准确校正关键色，就要不断记录和熟悉所看到的常用颜色及其它们的 CMYK 颜色值（见表 3-4）。另外，不同的打样与印刷条件对这些值有一定影响，这也是需要熟悉的。在积累一些经验后，不但能理解印刷时能实际得到的颜色，也知道了如何去改变它们。

表 3-4 一些典型记忆色及其它们的 CMYK 值

典型记忆色	青	品红	黄	黑	典型记忆色	青	品红	黄	黑
银	20	15	14	0	海水色	60	0	25	0
金	5	15	65	0	绿	100	0	100	0
米色	5	5	15	0	柠檬黄	5	18	75	0
高亮灰	5	3	3	0	暗红	20	100	80	5
浅灰	25	16	16	0	橘红	5	100	100	5
中灰	50	37	37	0	橙色	5	50	100	0
深紫	100	68	10	5	深褐色	45	65	100	40
深紫红	85	95	10	0	粉红色	5	40	5	0

三、颜色校正中的其它问题

(1) 仅仅中性化确实需要中性化的地方 并不是所有的灰色都是中性的，在使它们中性化之前，应仔细考虑图像的具体要求，一种常见的错误是过分的中性化或者中性化一切。因为有些图像本身就带有颜色的特殊效果，例如在某些有色灯光下的场景等。

(2) 留一些色偏 对一些有较重色偏的图像，如果做彻底的中性化就可能使它偏离原稿太多，对原稿的改动太大会造成失真或者颜色过渡不自然。如果出现这种情况，那么不妨留一些色偏存在，常用的办法是先确定需要校偏的全部量，然后减半处理。例如某种颜色需要减少 8% 的青就可使它完全中性化，实际则减去 4%。

(3) 高光点不一定是最亮点 其含义是图像中的散射高光点不一定要设在最亮的可印刷值上。例如可设在 20% 的亮度上以用于图像特殊效果的正确显示。应尽量将高光点设在最亮的可印刷值上，究其原因是可以增加阶调的范围，从而加大图像的对比度，扩大图像的层次表现范围。但对许多图像却并不要求这样，许多有艺术性的调子较平的图像，如婚纱摄影中的一些效果照片，如果按上述方法校正就会违背摄影师的意图。

(4) 自动校色功能的使用 在许多扫描软件和图像处理软件中越来越多地使用了智能化处理功能。例如在 Photoshop 的曲线 (Curves) 工具中的自动 (Auto) 按钮就是一种自动校色处理工具，这种自动处理使用了一定的处理原则和方法，例如使色调范围和亮度尽可能大等。用它调整处理比较正常的一般效果的图像原稿时既快又好，例如下雨天拍摄的风景照片经过后处理就会变明亮和鲜艳，但对于有严重缺陷的原稿或者有特殊处理要求的图像则无能为力了。这时还要使用上述办法进行人工校正。

四、层次调节和颜色调节的相互影响

层次调节和颜色调节会相互影响。归根到底所有的调节都是像素的色彩数值的改变，因此层次调节时必然会影响到颜色的变化，特别是颜色的亮度值的变化。反过来，颜色的数值的改变也会使层次发生变化。例如某颜色的品红色增加，则其亮度会减低，层次也会发生相应变化，特别是 K 版的颜色增减对层次的变化影响更为明显。

总之，层次调节和颜色调节会相互影响，只不过侧重点不同而已。

第四节 图像清晰度强调

图像清晰度也称锐度，是评价图像复制质量的重要指标之一，如果图像的层次、颜色处理得很好，而清晰度不好，那么图像的总体质量也不会很好。

图像的清晰度是指图像细节的清晰程度。图像的清晰度包括如下方面。

① 分辨出图像线条间的区别，亦即图像层次对景物质点的分辨率或细微层次质感的精细程度。其分辨率愈高，则景物质点的分辨率或细微层次质感的精细程度愈高，景物质点表现得也愈细致，清晰度也愈高。

② 衡量线条边缘轮廓是否清晰，即图像层次轮廓边界的虚实程度，用锐度表示。其实质是指层次边界渐变密度的变化宽度。若变化宽度小，则边界清晰，反之则边界发虚。

③ 图像两明暗层次间，尤其是细小层次间的明暗对比或细微反差是否清晰。图像清晰度强调在电分制版中往往称为细微层次强调，在数字图像处理中则称为锐化，属图像增强中的一种。

获得清晰的分色片是彩色制版的主要目标，分色片的清晰度基本上决定了复制图像的质量。可以认为，如果一幅图像的清晰度（细节层次）得以充分再现，则输出的分色片质量高，图像的复制质量也高；反之，分色片质量低，图像质量也低。

印刷工艺过程中影响图像清晰度的主要因素如下。

① 扫描过程 滚筒扫描仪在输入原稿时通过滚筒的转动和扫描头横向进给的组合实现对原稿的扫描输入。虽然滚筒扫描仪的扫描线很密，但从数学上分析，扫描时采样点的轨迹并不是想象中的直线，而是一条螺旋线。以扫描原稿上的一条垂直黑线为例，扫描的结果是线条将由有限列排列成螺旋状的采样点描述，其结果必然使线条的边缘虚化，且边缘宽度增加。

② 扫描仪的频率响应 设计得再好的扫描仪，它的频率响应范围总是有限的，只有当信号频率在扫描仪能够捕获的范围内时才能保证对图像进行正确的处理和传输。当信号频率位于扫描仪响应频率范围的边界或超过边界时，必然要产生图像的失真，其结果是降低了图像的清晰度。

③ 反差压缩 印刷复制出的图像反差通常都低于原稿反差，为此必须对原稿反差进行压缩，从而导致视觉对比灵敏度的降低，使图像的清晰度下降。

④ 光学系统的误差 扫描仪的扫描和记录光学系统中各种光学镜头的分辨率总是有限的，且存在着一定的色差和其它光学误差，这些因素同样会降低图像的清晰度。

⑤ 图像网点化 印刷工艺用网点大小的变化来再现原稿的颜色和层次变化，加网后的图像不再用像素值（灰度值）来描述每一个采样点，而是用网点面积的变化体现像素值的变化。由于数字加网设备的记录精度和非线性效应，网点的形状和大小很少有可能达到理论值，尤其是在图像层次变化的敏感部位很难做到用网点来准确地描述。因此，图像的网点化同样会造成清晰度的降低。

⑥ 印刷材料 印刷技术用油墨将图像的颜色和层次变化传递到承印物上，纸张是使用最多的承印物。在印刷过程中，油墨在纸张中的渗透、纸张的变形和套印不准是无法避免的，这也是造成图像清晰度下降的原因。

一、清晰度强调原理

清晰度是一种图像在人眼中的视觉心理反应。通过研究发现，应用视觉现象的原理，能使视觉上产生良好的“清晰”效果，主要视觉现象如下。

1. 奥布莱恩效应

奥布莱恩效应 (O'Brien Effect) 是指在一定密度部位上，使密度逐渐产生变化，此时尽管图像左右密度相同，但给人以左右存在一定密度差的视觉感受。如图 3-19，两边均是 60% 的灰色，中间是先从 60% 灰色渐变为白色，再由白色迅速渐变至黑色，最后由黑色渐变至 60% 灰色，此时相等的左右密度在视觉上产生了密度差。

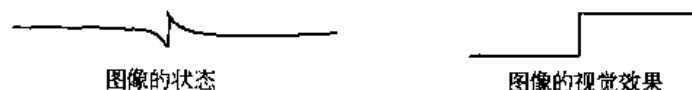


图 3-19 奥布莱恩效应

2. 马赫带效应

马赫带效应 (Mach Band Effect) 是指有一定反差的图像临界部位在视觉上给人以特别白或特别黑的感觉。

人们在观察一条由均匀黑的区域和均匀白的区域形成的边界时，一般认为主观感受与某一点的投射强度或反射强度有关。但实际情况并不是这样，人感觉到的是在亮度变化部位附近的暗区中分别存在着一条更黑和更白的条带，这就是所谓的马赫带效应。

例如，观察一条以 10% 为间隔的灰梯尺，在各梯的交界处，即会产生密度较小的一级更亮，密度较大的一级更暗的现象，马赫带效应如图 3-20 所示。

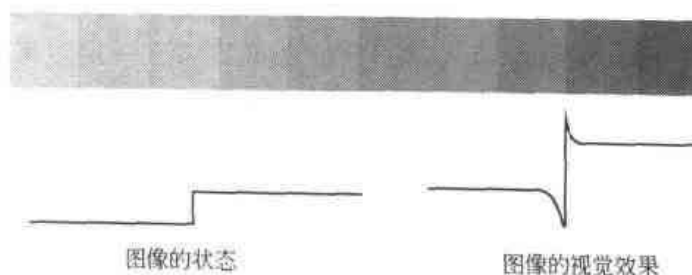


图 3-20 马赫带效应

马赫带效应可以用人眼对突变的亮度刺激有着“超调”的响应来解释。在亮度较低的一侧似乎感到更暗，而在较高一侧则似乎感到比实际亮度更亮。因此，在图像亮度发生改变的边界处，人眼感受到的是对比度的增强。

3. 同时对比效应

此现象基于人眼对某个区域感觉到的亮度并非仅仅依赖于它的强度，而与它所处的背景有关。例如，图 3-21 中，所有位于中心的正方形均是 50% 的灰色，只是所处的背景不同，

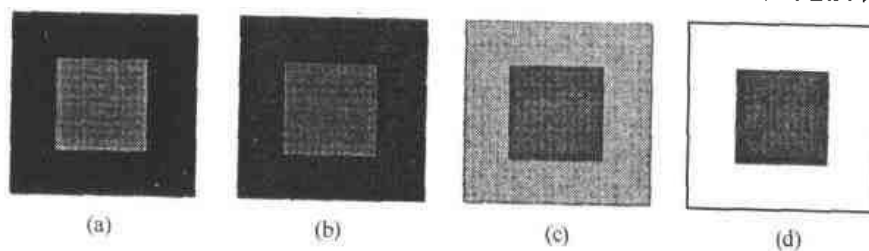


图 3-21 同时对比效应

其中 (a) 的背景色为 100% 黑色, (b) 的背景色为 70% 黑色, (c) 的背景色为 30% 的黑色, 而 (d) 的背景色则为白色, 四个中心正方形色块因为所处的背景深浅不同而看上去亮度不同, 当背景暗时看上去亮, 背景亮时看起来暗。人眼的这种视觉特点称为同时对比效应。

这种现象可以用近旁适应性来解释, 在观察图 3-21 (a) 中灰色小方块的视敏细胞周围, 同时也有许多视敏细胞在观察背景。由于背景很暗, 所以这些细胞光灵敏度很高。观察小方块的视敏细胞受周围细胞的影响, 使亮度感受增加, 因此, 似乎比其余小方块更亮些。

4. 图像密度跳跃

在图像密度跳跃处图像层次边界的反差愈大, 则图像视觉的清晰度愈好, 亦即图像边界密度跳跃宽度愈宽, 视觉清晰度愈高, 如图 3-22 所示。

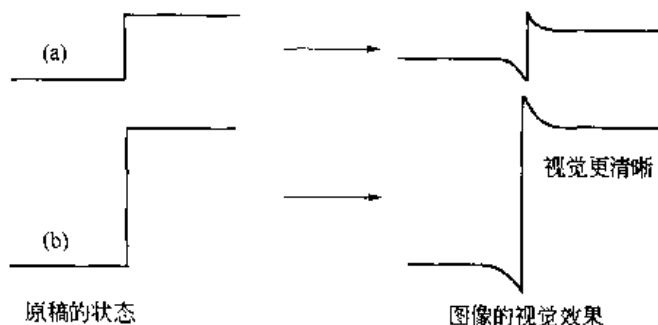


图 3-22 反差与视觉清晰度

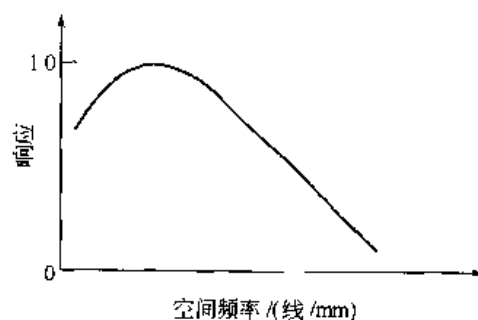


图 3-23 视觉 MTF 特性

5. 视觉调制传递函数

人的眼睛是一个精密的光学系统, 所以可用分析光学系统的方法来研究人眼的视觉特性。令输入图像的亮度是沿水平方向按正弦式变化的线栅, 则可用下述方法测得视觉调制传递函数 (Modulation Transfer Function, MTF)。给观察者在一定距离处观看两张这样的正弦光栅图片, 其中一张图片作为参考图, 其栅线的对比度和空间频率是固定的; 另一张是测试图片, 它的对比度和空间频率是可变的。测试 MTF 时让测试图片在一定的空间频率下改变其对比度, 直到观察者对两张图片的亮度感觉相同为止; 然后把测试图片更换为另一空间频率, 重复以上步骤, 可获得人眼的视觉 MTF。

数字制版时, 由扫描设备输出图像的视觉 MTF 则由人眼视觉 MTF 特性和扫描仪的数字信息传输 MTF 特性组合构成, 如图 3-23 所示。它反映了人的视觉对图像频谱信号的响应, 因而在加强图像的清晰度时需保证人的视觉响应敏感频谱区域的图像信号具有良好的传输特性。高档扫描仪的清晰度增强手段就是综合考虑了上述因素后设计的, 即根据人的视觉心理现象和视觉 MTF 特性, 并充分考虑彩色图像复制中的相关因素, 在图像密度跳跃的边界两侧各附加一个适当的“边饰”密度, 来增强图像中密度跳跃处的视觉清晰度, 同时提高密度跳跃两侧的相对反差, 达到获取高清晰度分色片的目的。

二、图像锐化

图像清晰度的强调主要是通过锐化功能来实现的, 即通过锐化处理增强图像中景物边缘和轮廓。在 Photoshop 的滤镜 (Filter) 工具中选择锐化 (Sharpen) 工具, 即可对图像进行锐化处理, 提高图像的清晰度。锐化工具包括四个功能选项: 锐化 (Sharpen)、锐化边缘 (Sharpen Edges)、较多锐化 (Sharpen More) 和虚光蒙版 (Unsharpen Mask)。其中锐化边缘和较多锐化都没有参数控制, 调节时不能控制清晰度调整的幅度, 只有虚光蒙版具有参数控制来调节清晰度, 故最常用到它。

1. 锐化、较多锐化和锐化边缘

锐化、较多锐化滤镜均是通过提高与周围像素点的对比度来提高图像的清晰度，但后者效果比前者明显。锐化边缘滤镜仅锐化图像的边缘，即对图像中具有最强对比度的区域（边界）进行锐化处理。

2. 虚光蒙版

一般是在图像不清晰时才用到虚光蒙版（Unsharpen Mask, USM）进行清晰度强调，但并不是强调程度越高越好，强调过头会给图像带来噪声或白边。现在的问题是怎样既能强调清晰度，又不至于出现噪声。要掌握好调节尺度，在调节时要注意参数的变化，并且让图像在显示比例为 100%（双击 Photoshop 放大镜工具）时，图像中没有地方出现白边和砂粒即可。刚刚出现细小砂粒是作用的上限，同时应该注意，半径越大，出现白边的可能性越大。

虚光蒙版技术来源于照相制版的蒙版技术，其参数控制对话框如图 3-24 所示。

（1）虚蒙量 虚蒙量（Amount）的设置表示参加运算的像素之间变深变浅的剧烈程度，即沿着边缘产生的对比度增强的程度。由于虚蒙的最终效果，是增加在边界或细节处相邻像素之间在亮度或网点百分比之间的差额，这个差额，是以百分比来计算的，它表示通过虚蒙后，边界两侧亮度差增加了一倍，程度（或称虚蒙量）变为 100%。在 Photoshop 中，这个数值的范围可在 0~500% 之间任意选取，缺省值是 5%，选值越大，强调效果愈显著，具体选择多少，应依原稿内容及印刷效果而定。

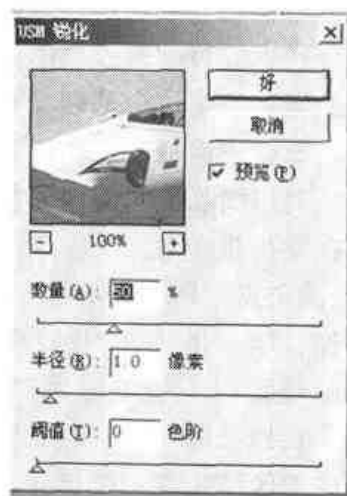


图 3-24 虚光蒙版对话框

（2）半径 半径（Radius）表示符合锐化条件的某个像素在锐化时使周围的多少个像素同时参加运算，也即虚蒙作用完成后像素的亮度在多大半径的范围内实现边界的亮度过渡。在 Photoshop 中，半径的取值范围为 0.1~250 个像素，半径取值低，则产生清晰的边界效果；半径过大，则产生更高对比度的宽边界效果，使图像粗糙，失去自然风味。实际操作时，对低分辨率的图像，选取较小的半径值，对高分辨率的图像，选取较大的半径值。

（3）阈值 阈值（Threshold）定义了参加锐化的相邻像素点的反差范围，以确定锐化强调的范围，即相邻像素点反差在阈值以内的不做锐化处理，相邻像素点反差大于阈值的则做锐化处理。也就是说，决定哪一区域被锐化，哪一区域不被锐化。

由于虚光蒙版作用于整个画面的每个像素，它可以提高任何相邻的像素之间亮度的差距。有时画面有大片的平缓变化区（如人体肤色）。这些地方亮度差别不大，从而有柔和细腻的质感，若对这种亮度差别不大的地方也加虚蒙效应，常常容易造成人为的起伏，严重时会将原来看不出来的噪声显露出来，造成颗粒粗、浮雕边或马赛克效应等观象。阈值的单位是灰度选项，其范围为 0~255，若设置为零时，所有像素点不加选择全部进行锐化处理，使得像素之间的对比度被夸大，这样就发挥不出 USM 精细的功能。在实际使用中，这一参数与原稿的关系很大，没有一个标准值。

（4）锐化处理时的基本要点 不同类型和主体的图像，其清晰度增强的幅度是有区别的。通常情况下，风景和静物或用于凹版电雕工艺的包装类原稿，其清晰度增强的幅度可以

大一些，锐化量要大，阈值设置要小，半径值要大。对图像放大倍率大，锐化强调量需增大，半径取值也应大一些。对人物为主的原稿，锐化强调量较小，阈值设置较高，半径取值应较低，以保持肤色的柔和和细腻。对金银、首饰、机械等原稿，锐化量要大，阈值设置要较低，同时半径取值可较大，以突出其特征和质感。对国画类原稿，锐化量要小，阈值设置要大，半径值要小。

除去应考虑不同图像类型和主体以外，对小幅面、低分辨率图像的清晰度强调量、边缘宽度应较小，否则容易出现明显的浮雕轮廓效果。对一些去网后复制的印刷品原稿，强调清晰度时应注意防止龟纹显现。

通俗地讲，图像清晰，观察时就看得清楚；图像模糊，就是不清晰，观察时就不清楚。在图像上两个像素之间的灰度值差越大，则说明其反差大，观察时较为清晰。图像模糊就说明图像中像素之间的反差小，界限不明显。图像清晰，图中的细节也表现得清楚，层次也表现得完善些。

电脑设计处理过程可以通过扫描清晰度控制、图像处理清晰度强调、缩小图像、提高图像分辨率等过程来控制图像清晰度。其中最主要的是扫描图像清晰度控制，这是清晰度控制的关键。如果这个基础没有打好，后面再怎么处理也难以把图像清晰度整体质量处理好。

三、去网处理

对印刷品原稿图像再复制时，应当进行去网处理。假如经过扫描仪去网以后，图像中仍然存在少量龟纹干扰，则可以利用 Photoshop “滤镜 (Filter)” 的 “噪声 (Noise)” 中的 “去除斑点 (Despikle)” 功能去掉干扰性条纹。如果干扰条纹较严重，可以使用 “蒙尘和划伤 (Dust & Scratches)” 功能，但其中的半径和阈值应相互配合（即阈值应较高，而半径值较低），防止在去网时造成图像过于模糊的现象。

在扫描时，对印刷品原稿要作去网处理。去网其实就是将图像虚化，也就是说去网是以损失图像清晰度为代价的。其实，如果没有去网，印刷品扫描后就会有噪声，因此去网就是去噪声。

去噪声的方法有 “去除斑点” 与 “蒙尘和划伤” 两种方法。常用方法是 “蒙尘和划伤”，因为该工具具有参数控制，半径是作用的像素范围。与清晰度虚光蒙版的半径是同样意义；阈值同 USM 阈值的意义是一样的，阈值越大，去噪声作用越小。

用 “蒙尘和划伤” 去掉噪声的时候，如果作用过度，会使图像模糊。在去噪声时，应先试一试半径为 1Pixel 时的去噪效果如何，一般半径最大设置 2Pixel。这时一般图像会较模糊，可以慢慢增大阈值，图像会慢慢变清晰，在噪声重新出现前确定一个阈值即可。

有时候图像中有噪声，可以分别看一下 CMYK 各通道的噪声情况。如果仅某一通道有噪声或二、三个通道有噪声，可分别处理，这样没有噪声的通道没有损失清晰度。例如 M 通道有噪声，其它三个通道都较好，这时可单独对 M 通道进行 “蒙尘和划伤” 处理。

第四章 色彩与阶调复制

第一节 色彩复制原理

色彩复制是指从原稿颜色演变为印刷品颜色的过程，色彩复制要求色彩还原，达到色彩饱和度高、彩色明快、稳重协调、真实自然的目的。

一、色彩的分解与合成

自然色彩均可由红、绿、蓝三原色光合成，那么要复制某一颜色时，只要知道这一颜色中红、绿、蓝的比例，即可以由色光加色法（如彩电）或色料减色法（如印刷、彩照）再现出该颜色。分析物体颜色中红、绿、蓝比例的问题称之为色彩的分解，而用加色或减色法混合该颜色的过程称之为色彩的合成。

1. 色彩的分解

色彩的分解就是印刷中常讲的分色，指的是将原稿上的各种颜色分解为黄、品红、青、黑四种原色颜色；在电脑印刷设计或平面设计图像类软件中，分色工作就是将扫描图像或其它来源的图像的色彩模式转换为 CMYK 模式。

一般扫描图像为 RGB 模式，用数码相机拍摄的图像也为 RGB 模式，从网上下载图片也大多是 RGB 色彩模式的。如果要印刷的话，必须进行分色，这是印刷的要求。如果图像色彩模式为 RGB 或 Lab，输出时有可能只有 K 版上有网点，即 RIP 解释时只把图像的颜色信息解释为灰色。

在 Photoshop 中，分色操作其实非常简单，只需把图像色彩模式从 RGB 模式或 Lab 模式转换为 CMYK 模式，该图像的色彩就是由色料（油墨）来表示了，具有四个颜色的通道。图像在输出菲林片时就会按颜色的通道数据生成网点，并分成黄、品红、青、黑四张分色菲林片。

图 4-1 给出了彩色色标原稿的分色过程。假定原稿上的彩色为理想的纯色。青分色片由红滤色镜制作。红滤色镜透过原稿上的红光，在感光片上曝光形成密度。原稿上红、黄、品红、白中包含很多红光，在分色阴图片上形成很高的密度；而绿、青、蓝、黑中不含红光，因而在分色阴图片上形成的密度为 0。经过阳图拷贝，在分色阳图片上，绿、青、蓝、黑区域获得很高的密度，这四种原稿色包含较多的青色料成分，称为青版的基本色。在青印版上，这些区域最终会附着较多的青油墨。另外四种颜色，即红、黄、品红、白称为青版的相反色。

2. 色彩的合成

彩色图像印刷主要是由缀有网点的各分色版经过套印后，表现丰富多彩的颜色及阶调。由于网点的角度、大小不同，色彩的呈现又分为网点的叠合和网点的并列两种情况。

（1）网点的叠合 因油墨是透明的，当白光透过油墨时，其补色光被吸收了，本色光被白纸反射出来，从而再现出该处的颜色。网点叠合多发生在印品上密度高的地方，由于网点比较大，三色或二色叠印后，网点互相叠在一起，这时由于网点大且反射光被吸收了补色

光，能量下降，造成明度及饱和度均下降，形成画面上的暗调部分。如图 4-2 所示，M 与 Y 叠合后呈红色，M+Y+C 叠合呈黑色等。油墨吸收色光的多少，与油墨的色料浓度、透明度、墨层厚度、叠印的先后有关。

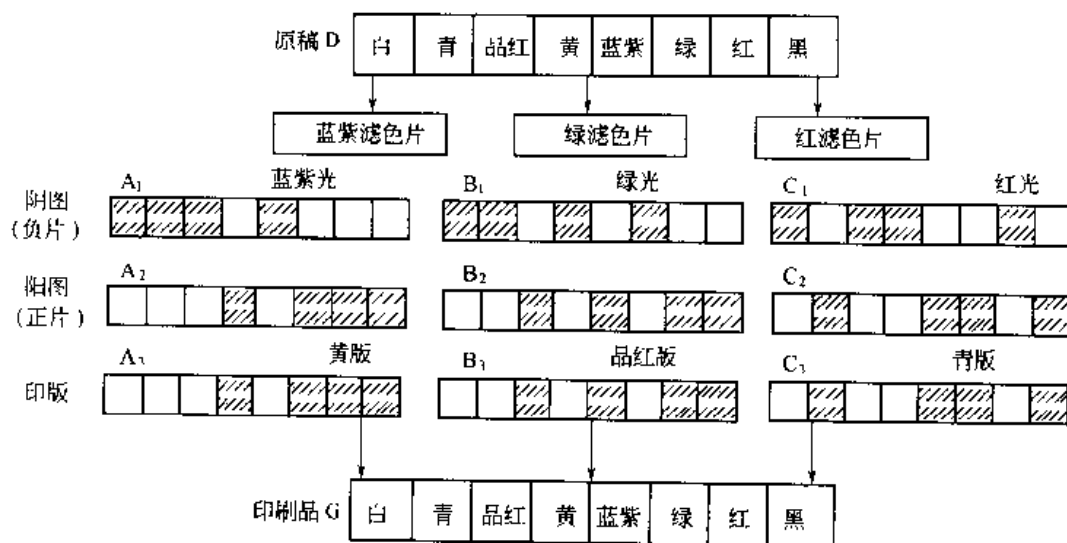


图 4-1 彩色色标原稿的分色过程（理想状况）

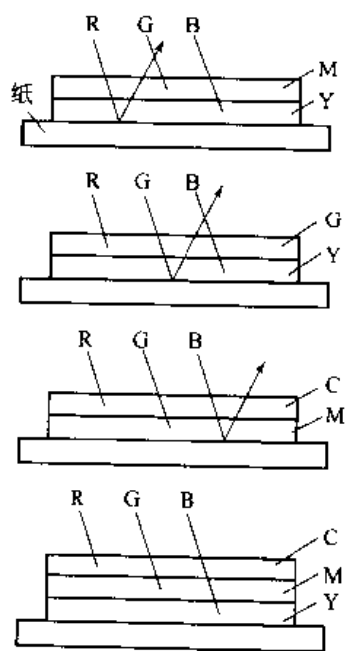


图 4-2 网点的叠合呈色过程

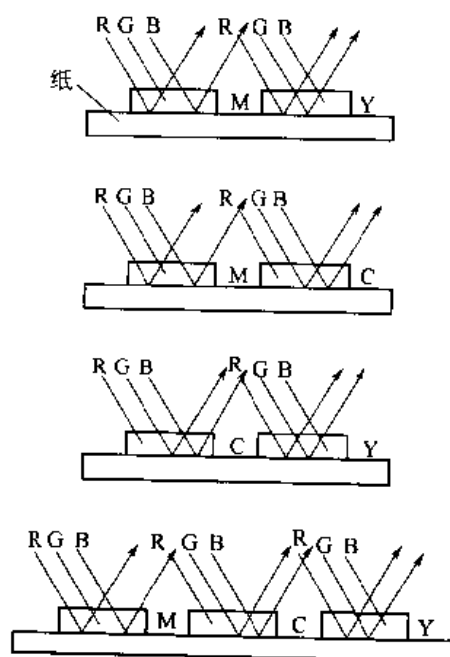


图 4-3 网点的并列呈色过程

(2) 网点的并列 网点的并列呈色多发生在印品的亮调部分，由于网点比较小，当三色叠印后，网点之间彼此独立，并列排列。这样白光分别照到每一个独立的网点上，经吸收补色光，反射本色光，然后进行加色混合，形成相应的颜色。由于网点小，故颜色的明度、饱和度均大于叠合处，形成亮调部分。如图 4-3 所示，M+C=B+白光，Y+M+C 呈灰色等。

应当指出，不论是网点叠合还是网点并列，其呈色过程在本质上是一致的。油墨对入射光的选择性吸收是减色法过程，面由油墨和纸面反射出的色光，进入人眼产生色感觉，则是

加色法过程。可见，在印品上通过网点并列或叠合可以再现出原稿的颜色、轮廓、层次，实现原稿的复制。三原色网点叠合时，只要三原色油墨的色调准确，其合成的色调就接近于黑色。但三原色网点并列时，不能形成白色，而只能生成浓淡不同的灰色调，这是因为在白纸上，三原色网点都不同程度地按比例吸收了三种原色光的结果。

(3) 彩色油墨的混合 彩色油墨的调色原理是利用减色法呈色原理，用不同比例的三原色油墨，调配出自然界中的一切色调。当青、品红、黄三色油墨转移到纸张上且准确套印后，就可以获得减色法呈色的印刷品了。品红分色片由绿滤色镜制作。原稿上的绿光可从绿滤色镜透过，在感光片上曝光形成密度。原稿上黄、绿、青、白中包含的绿光较多，在分色阴图片上形成很高的密度；而红、蓝、品红、黑中不含绿光，因而在分色阴图片上形成的密度为0。经过阳图拷贝，在分色阳图片上，红、蓝、品红、黑区域获得很高的密度，这四种原稿色包含较多的品红色料成分，称为品红版的基本色。在品红印版上，这些区域最终会附着较多的品红油墨。相应地，黄、绿、青、白四种颜色称为品红版的相反色。

黄分色片由蓝滤色镜制作。蓝滤色镜透过原稿上的蓝光，在感光片上曝光形成高密度。原稿上青、蓝、品红、白中包含较多的蓝光，在分色阴图片上形成很高的密度；而红、黄、绿、黑中不含蓝光，因而在分色阴图片上形成的密度为0。阳图拷贝后，在分色阳图片上，红、黄、绿、黑区域获得很高的密度，这四种原稿色包含较多的黄色料成分，称为黄版的基本色。在黄印版上，这些区域最终会附着较多的黄油墨。另外四种颜色，即青、蓝、品红、白称为青版的相反色。

二、色误差的产生

彩色复制过程是色分解、色传递、色组合的过程。在复制过程中始终伴随色误差的产生。在分色制版过程中，目前使用的光源、滤色片、光电倍增管等，均不可能完全达到色彩复制的理想要求，它们之间的光谱曲线相互匹配还不能达到完全一致。在印刷过程中产生误差的因素也是多方面的，其中最主要的是版材、油墨、纸张以及场地环境条件等。所以在复制过程中必须加以修正才能保证色彩复制的正确性。

1. 分色过程中的色误差

(1) 光源光谱的色误差 物体的颜色是由物体本身吸收和反射特性以及照射光谱特性决定的。当白光照射到蓝色不透明物体时，反射主要是蓝色光，红光和绿光均被吸收。如果入射光不含有蓝色光，只含有绿光和红光，那么入射光将全部被吸收，物体呈黑色。照明光源不同，其光源组成成分不同，因此物体所呈现的颜色也就不同。只有用含有各种可见光谱成分的白光照射物体，才能呈现出物体的真正固有的颜色。因此，在分色时，理想的光源是有全部可见光谱的太阳光。这种光能使原稿上的色彩正确地得到反射或透射，真实地反映客观色彩。

实际生产中，分色设备一般都采用人造光源。如果分色时所用的光源色温偏低，光谱分布不理想，偏色等都会改变原稿的色彩，使分色片产生误差。例如用偏黄色的光源照明原稿进行分色时，就会造成黄版中的品红和青色部分的黄色过量。同样，用偏蓝紫色的光源进行分色时，会造成红版基本色不足，青版黄色过量。因此，分色制版时，光源的选择是很重要的。目前，常用的光源有氙灯、碳弧灯、高压汞灯等，其中氙灯比较理想，但是它需要一套高频高压脉冲触发电路来点燃，设备相当复杂。

(2) 滤色片色误差 扫描仪和电子分色中用蓝、绿、红三种滤色片形成蓝光、绿光、红光。运用这三种原色光对颜色的选择性吸收实现分色。理想的滤色片必须能完整地吸收可见

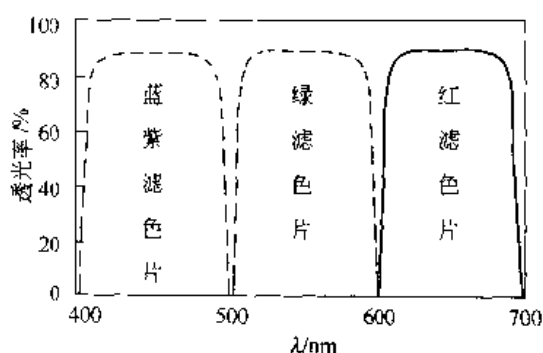
光谱两个色光区域中的色光，完整地透过另一个色光区域内的色光。

理想的滤色片的分光特性如下。

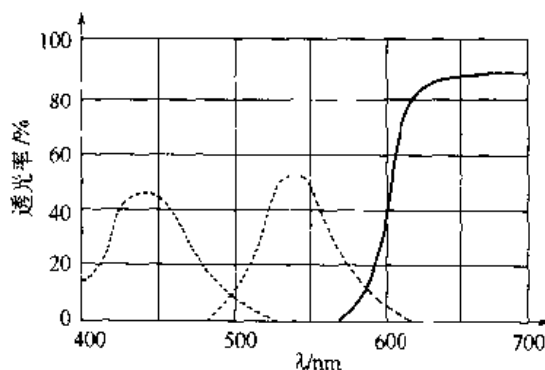
蓝滤色片 (B)：完全透过 400~500nm，完全吸收 500~700nm。

绿滤色片 (G)：完全透过 500~600nm，完全吸收 400~500nm，600~700nm。

红滤色片 (R)：完全透过 600~700nm，完全吸收 400~500nm。



(a) 理想的滤色片透光性



(b) 实际三原色滤色片的透过曲线

图 4-4 滤色片的光谱透过曲线

而实际使用的滤色片的光谱透过曲线如图 4-4 (b) 所示，蓝滤色片有少量的绿光通过，绿滤色片又有少量的蓝光及红光通过，红滤色片中有少量的绿光通过，红滤色片的透光性能比较而言最好，因此用这样的滤色片分色会造成颜色误差。所以在复制过程中必须将这两种主要误差消除，才能保证色彩复制的正确，当然还应综合考虑分色制版及印刷过程中的其它影响因素。通过校色蒙版法加以修正。蒙版的方法很多，有校正色量的加色或减色蒙版，去除过多底色的底色去除蒙版，还有压缩密度反差的蒙版等，应按照原稿的种类、修正要求，合理地使用蒙版，以便获得良好的复制效果。

从图 4-4 可以得出，蓝滤色片的透过率只有 50%~55%，绿滤色片的透过率仅有 60%~65%，红滤色片的透过率最高，约为 70%~80%。两种色光的曲线也有重叠之处，这将使分色片上不应产生密度的地方也有一定的密度，引起基本色不足。

在扫描仪和电子分色机的分色光路中，往往同时采用胶质滤色片和干涉滤色片，以改进滤色特性，但是这仍然难以达到理想的滤色特性。

(3) 感光软片的色误差 通过滤色片分解后的色光要记录在感光软片上，因此，感光软片的光谱响应特性对分色效果有直接影响。理想的分色软片应该在全部可见光谱范围内有相同的响应特性，其感光曲线如图 4-5 (a) 所示。在分色时，通常采用全色片，其光谱响应特性如图 4-5 (b) 所示，它的感光范围为 330~700nm，基本上包括了全部可见光的波长范围。但是对绿光响应稍差，而对红光的响应比较灵敏，因此分色时会造成颜色误差。

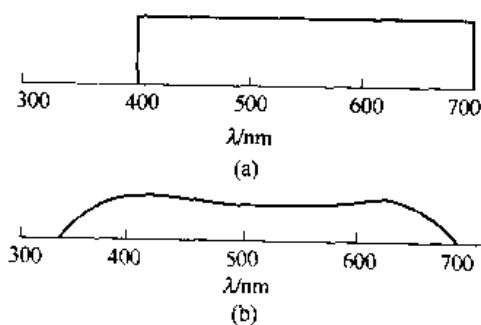


图 4-5 理想感光片与实际软片的感光曲线

图 4-5 (a) 所示。在分色时，通常采用全色片，其光谱响应特性如图 4-5 (b) 所示，它的感光范围为 330~700nm，基本上包括了全部可见光的波长范围。但是对绿光响应稍差，而对红光的响应比较灵敏，因此分色时会造成颜色误差。

(4) 光电转换系统的色误差 扫描仪和电子分色机在分色时，分色结果并不直接反映在感光软片上，而是先借助于光电转换元件 CCD 或光电倍增管，把光信号转换为模拟分色密度的电压值。因此，CCD 或光

电倍增管的光谱响应特性就成为扫描分色过程中产生颜色误差的因素之一。理想的 CCD 或光电倍增管的光谱响应最好能包括全部可见光谱，并且在此范围内应是平直的。实际上，CCD 或光电信倍增管电流光谱响应比全部可见光谱范围要窄。而且各种不同类型的 CCD 或光电倍增管的光谱响应范围也不完全相同，对光电倍增管而言，红灵敏度要低些。为了弥补光电倍增管光谱响应上的缺陷，对不同的分色版要选用不同光谱响应的光电倍增管。如青通道，尽可能选择红光灵敏度高的光电倍增管，而对蓝、绿光灵敏度，只要能适当兼顾即可。这样就可以弥补由于光电倍增管光谱响应的缺陷所造成的分色误差。

(5) 滤色镜的作用

① 颜色分解 用红、绿、蓝滤色镜可以将彩色图像的红、绿、蓝色光成分分解开，最终形成青、品红、黄三个分色片。在照相分色中，黑版的分色需要使用红、绿、蓝三种滤色片分别曝光。

② 色彩校正 如果原稿有某种偏色，可以用滤色镜纠正。例如，原稿偏蓝（缺少黄色），可以采用浅黄色滤色镜与原稿蒙合进行补偿。

③ 色温校正 光源的颜色是以色温为依据的。色温过低，光色偏黄，色温过高则光色偏蓝。用琥珀色滤色镜可以降低色温，用浅蓝色滤色镜可以提高色温。

2. 印刷过程中的色误差

(1) 彩色油墨产生的色误差 纸质品印刷时通过彩色油墨把原稿图像再现于纸张上。因此，纸张和油墨的特性是影响色彩再现效果的主要因素。

白光是由红、绿、蓝三色光混合而成的，物体的颜色是由于不同的物体对这三种色光的选择性吸收产生的，这样就可以通过黄、品红、青三种油墨对红、绿、蓝光吸收的多少来再现原稿的颜色。分色的关键也就是如何把原稿上每一点的红、绿、蓝三色光的比例正确地转化成相应的青、品红、黄的密度，即印版上青、品红、黄的油墨量，这样油墨的光谱吸收性及滤色片的光谱吸收性将决定这一转换的正确性。

理想油墨的吸收性能如下。

青墨 (C)：完全吸收 600~700nm，完全反射 400~600nm。

品红墨 (M)：完全吸收 500~600nm，完全反射 400~500nm，600~700nm。

黄墨 (Y)：完全吸收 400~500nm，完全反射 500~700nm。

而实际使用油墨的吸收性能曲线如图 4-6 所示。由图 4-6 可见，实际油墨仅能反射应该反射的色光中的一部分和吸收应该吸收的色光中的一部分，其反射率和吸收率均达不到理想

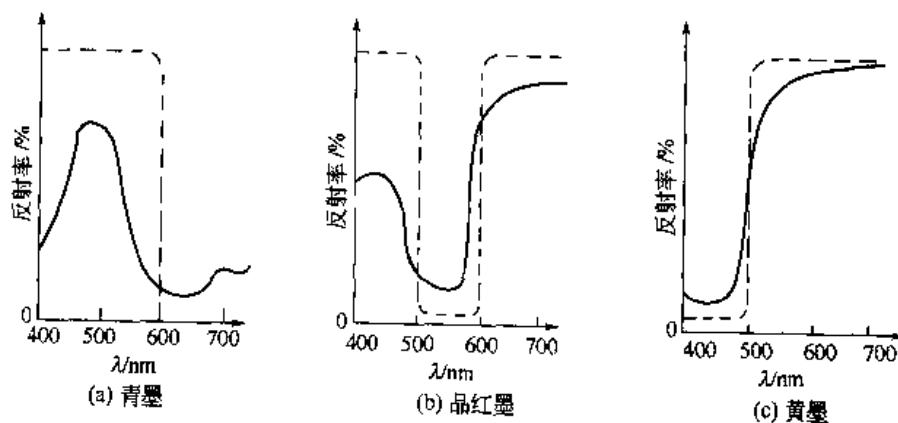


图 4-6 油墨分光曲线

值。青墨中含多量的品红及少量的黄色，品红墨中含有多量的黄及少量的青色，黄色墨中含有少量的青及少量的品红，因此若用这样的油墨去再现原稿，整体颜色就会偏红或浑浊。

(2) 印刷油墨的密度值 为了衡量由于油墨及滤色片等引起的光谱吸收性缺陷的大小通常要测量复制品上的色密度。表 4-1 列出了具有代表性的欧洲色标的密度值，并将印刷油墨理想的标准密度和在分色片下需要校正的实际密度列出来，以便加以比较。

表 4-1 欧洲色标密度值 (16539)

印 刷 油 墨		密 度 测 量 值		
		红滤色片	绿滤色片	蓝滤色片
青	理想的标准密度	1.50	0.00	0.00
	现实的实际密度	1.50	0.51	0.24
品	理想的标准密度	0.00	1.50	0.00
	现实的实际密度	0.12	1.50	0.63
黄	理想的标准密度	0.00	0.00	1.50
	现实的实际密度	0.05	0.12	1.50

由此可见，每种油墨除了在补色分色滤色片下具有所需要的基本密度之外，在另外两个分色滤色片下或多或少地有补偿密度，这是因为三种油墨中的每一种都呈现两种不需要的补偿吸收，这总共六种补偿吸收在分色滤色片下则产生六种不同的补偿密度，故在理论上需要六种密度不同的校色蒙版来消除这六种补偿吸收。而在实际工作中，当补偿密度在基本密度的 10% 以下时，可以放弃蒙版，防止蒙版过量产生不良影响。

(3) 纸张产生色误差 理想的印刷纸张应该能完全反射可见光谱。但实际上，纸张的白度不足，就好像在各色油墨中加了少量的黑墨，因此，从视觉上看不到纯度很高的色墨，颜色暗浊。在其它条件完全一样时，不同白度的纸张，印出的质量和颜色的鲜艳程度也是完全不同的。

从色彩的亮度来分析，如在洁白的纸张上印黑色文字，形成强烈对比。这说明各种原色油墨层与印制的纸张对色泽纯度有直接关系。

吸收性大的纸张，印迹不能在纸面形成厚实的墨层，连接料过量地渗入纸内，使印迹干瘪，毛细孔大的纸张会使油墨中的颜料、连接料一起渗入纸内，会使色彩的饱和度受到损失。

彩色校正除了要消除在彩色复制过程中客观存在的一系列颜色误差以外，当原稿有偏色或对原稿的彩色复制有特殊的要求时，也需要进行必要的彩色校正。

三、蒙版原理

蒙版的原理就是用一张将要得到与底片上有误差图像相似或相近的连续调图像的底片，叠合到原稿或分色的阴图底片上进行叠加，达到保存正确的图像，消除有误差的图像。用来校正有误差图像的底片叫蒙片。

对整体图像和局部图像而言，蒙片的反差直接影响到成品的层次再现性。

1. 蒙版对滤色片所造成色差的纠正

若用青、品红、黄色色标作为原稿，用滤色片分色，实际的分色效果如图 4-7 中 A 所示。在品红阳片上出现了青色调，在黄阳片上出现了品红色调，如图 4-7 中 B。

为了弥补以上的缺陷，采用蒙版的方法，用青阴片制作出淡色调的青阳片，如图 4-7 中 C，将它蒙合在品红阴片上，如图 4-7 中 D 所示，则增加了青色部位的密度，起到了压低相

反色调的作用，得到了校正色差以后的品红阴片，如图 4-7 中 E。同样道理，用品红阴片制作出淡调的品红阳片，将它蒙合在黄阳片上，可以得到校正色差以后的黄阳片。

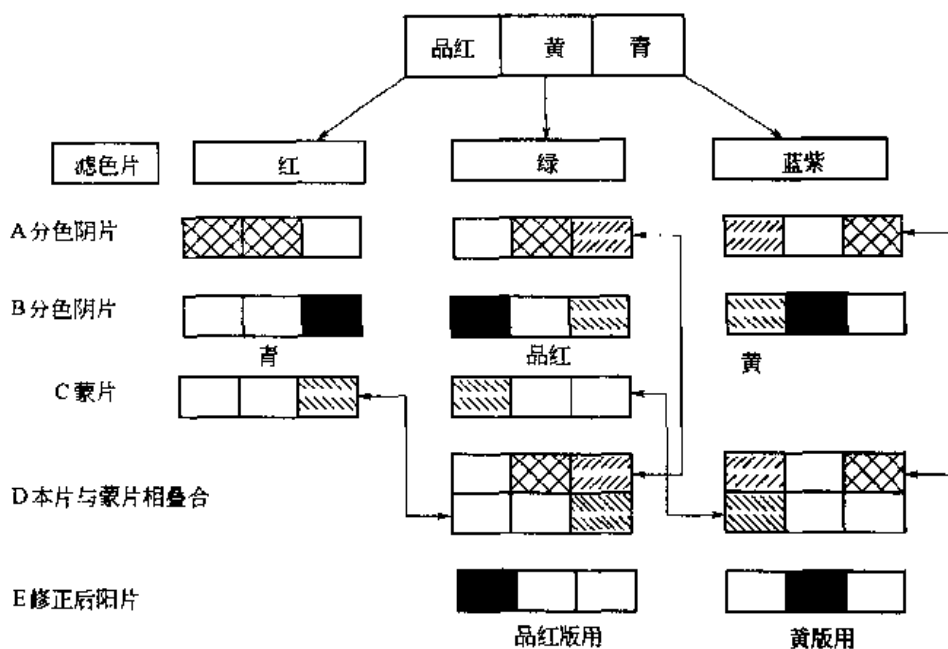


图 4-7 蒙版纠正滤色片色差原理示意

2. 蒙版对三原色油墨色相的校正

三原色油墨呈现色彩的理论完全是在理想的基础上构成的，实际上只有黄版油墨是接近于理想，而青版油墨中混有红墨成分，品红版油墨里混有黄墨成分。因此，品红版油墨的缺陷必须通过修正黄版色量来修正；青版油墨的缺陷必须通过修正品红版色量来校正，起到相互掩盖多余色量的作用，以校正原色油墨的色相。

要减少黄版色量先用绿滤色片制作一张品红版阴片，将品红版阴片与原稿相蒙合，进行黄版分色。由于品红版阴片上品红版色量多的部分密度被压低了，故蒙合在原稿上分黄版时，品红版色量多的部分透过的光量也增多，则制成的黄版阴片，品红色量多的部分密度增加。其结果恰似与品红版叠合在一起，印刷出来的黄版色量将减少。

同样道理，若要减少品红版色量，可以先用红滤色片制作一张青版阴片，然后将它与原稿相蒙合，进行品红版分色。

3. 蒙版对阶调的校正

用原稿制取负片蒙片来调节原稿阶调时，蒙片的反差越高，蒙合原稿时阶调就变得越平，因此对整体图像和局部图像而言，蒙片的高光反差越高，成品的高调层次损失得越多，蒙片的高调反差越低，成品的高调层次再现性越好。对于图像的中间调和暗调也是如此。

四、校色蒙版方程

为了实现精确复制原稿色彩，人们研究了有关颜色误差的问题，并且通过蒙版方式得到了较好的解决。这些努力都是试图采用红、绿、蓝的原始密度表示在复制中所需的品红、青和黄色油墨的量（通常用密度、网点面积表示）。即

$$C = f_C(D_R, D_G, D_B) \quad (4-1)$$

$$M = f_M(D_R, D_G, D_B) \quad (4-2)$$

$$Y = f_Y(D_R, D_G, D_B) \quad (4-3)$$

式中 C 、 M 、 Y ——复制中所需青、品红、黄油墨量；

D_R 、 D_G 、 D_B ——原稿上某处在红、绿、蓝滤色片下测得的密度。

式(4-1)~式(4-3)说明,当输入原稿上某一点的密度值(D_R , D_G , D_B),通过复制系统得到相应点的 Y 、 M 、 C 的油墨量,若复制是很精确进行的话,即复制品上相应点的颜色与原稿上一致,则说明复制是成功的。利用输入与输出值,通过数学模型,即可得到 f_C , f_M , f_Y 函数关系的确切表达式。

精确的颜色复制,既要对所有的各类颜色进行区分,还要对相似的颜色进行辨别。人们通过研究得到:只要能精确地复制红、绿、蓝、黄、品红、青、白、黑这八个颜色,其余的颜色复制均可得到满意的再现。当然,有些颜色的复制不是非常理想,但也是可以接受的。根据这个假设,人们提出了许多对上述方法的确切表达,并在实际应用中取得了良好的效果,比较成功的有纽介堡方程和蒙版方程。纽介堡方程为色彩复制提供了理论指导,但由于要进行色度测量及存在的算法效率问题,应用并不多。

蒙版方程(Masking Equations)是与照相蒙版(电子蒙版)过程相对应,不考虑加网印刷品的具体结构,在密度叠加性及比例性成立的基础上推导出来的,在实际应用中效果良好,得到广泛的应用。

在分色过程中,每一色版均存在着缺陷,若以八色色标为参考物的话,则基本色不足,相反色过度。理想的情况,基本色应与黑色块密度一样,相反色应与白色块密度相同。为了达到理想的校色效果,精确的方法是根据直接测得的数据进行加蒙计算,即通过蒙版方程得出蒙片密度值。

表4-2所列数值是对油墨色标进行分色的阴图密度值。由表4-2可见,阴图上基本色密度值普遍高于黑色,而相反色密度值低于白色密度,这就说明有色偏存在。如校正品红版的色偏,需做两张蒙版,一张是用大红色片做的蒙片,等于1/3青版密度,另一张是用蓝滤色片的蒙片,等于1/10黄版密度,用这两张蒙片和品红版相蒙,便可提高品红版上青和黄的密度,从而达到提高基本色,降低相反色的要求。

表4-2 分色阴图密度

版 别	品红	红	黄	绿	青	紫	白	黑
青版	1.4√	1.35√	1.5√	0.65×	0.85×	0.5×	1.6√	0.2×
品红版	0.65×	0.55×	1.4√	1.1√	1.3√	0.2×	1.7√	0.2×
黄版	1.1√	0.35×	0.6×	0.7×	1.3√	0.8√	1.7√	0.2×
1/3 青版	0.47	0.45	0.5	0.22	0.28	0.17	0.53	0.07
品红版-1/3 青版	0.18×	0.10×	0.9√	0.88√	1.02	0.03×	1.17√	0.13×
1/10 黄版	0.11	0.04	0.06	0.07	0.13	0.08	0.17	0.02
品红版-1/3 青版-1/10 黄版	0.07×	0.06×	0.84√	0.81√	0.89√	0×	1.00√	0.11×

注:标有“×”的为该分色版的基本色密度;标有“√”的为相反色密度。

从表4-2最后一行可看出,经过校正,阴图上基本色已接近黑色标,相反色已接近白色标。品红版的校色方程可写为

$$D'_M = D_M - (1/3)D_C - (1/10)D_Y \quad (4-4)$$

式中 D'_M ——校色后的品红版密度;

D_M ——未经校色的品红版密度;

D_C ——未经校色的青版密度;

D_Y ——未经校色的黄版密度。

三色版的蒙版校色方程为

$$D'_C = a_{11}D_C - a_{12}D_M - a_{13}D_Y \quad (4-5)$$

$$D'_M = -a_{21}D_C + a_{22}D_M - a_{23}D_Y \quad (4-6)$$

$$D'_Y = -a_{31}D_C - a_{32}D_M + a_{33}D_Y \quad (4-7)$$

式中 D'_Y ——校色后的黄版密度；

D'_M ——校色后的青版密度；

$a_{11} \cdots a_{33}$ ——校色系数。

电子分色机中，是用电信号的运算模拟式（4-5）～式（4-7）的蒙版密度运算的，这就是电子蒙版校色方程。设黄、品红、青三通道未经校正的分色主信号的模拟电压分别为 U_Y 、 U_M 、 U_C ；经过彩色校正的黄、品红、青通道的主信号电压分别为 U'_Y 、 U'_M 、 U'_C ，则模拟照相蒙版校色方程可写出电子蒙版校色方程

$$U'_C = a_{11}U_C - a_{12}U_M - a_{13}U_Y \quad (4-8)$$

$$U'_M = -a_{21}U_C + a_{22}U_M - a_{23}U_Y \quad (4-9)$$

$$U'_Y = -a_{31}U_C - a_{32}U_M + a_{33}U_Y \quad (4-10)$$

式（4-8）～式（4-10）是对照相制版的校色蒙版方程进行最简单、最直接的模拟。各种电子分色机的主校（一级电蒙彩色校正）尽管在电路上采用的方法不同，但校色的运算都是应用此方程。

第二节 阶调复制原理

一、图像复制的基本概念

（1）密度（光学密度） 颜色物体的光现象一般有透射、反射、选择性吸收。密度是物体吸收光线的特性量度，即入射光量与反射光或透射光量之比，可分为反射密度和透射密度，用反射率或透射率倒数的十进位对数表示。图像的明亮程度可用密度表示。

当入射光的光能量为 Q_A 时，经颜色物体的选择性吸收，其透射或反射出的光能量为 Q_B

则物体的密度为

$$D = \lg(Q_A / Q_B) \quad (4-11)$$

因此密度表示了物体吸收光量大小的性质。物体吸收光量大，其密度就高；物体吸收光量小，其密度就低。

密度是印刷业衡量软片的透光率、印刷品颜色深浅的一个常用物理量。物体吸收光量大，其密度就高；物体吸收光量小，其密度就低。

（2）阶调 阶调是图像信息还原中，一个亮调均匀的面积的光学表现。画面阶调通常划分为高光调（0～30%的网点）、中间调（30%～70%的网点）、暗调（70%～100%网点）。高光调即图像的明亮地方，暗调即图像中颜色较深的地方，中间调则介于高光调和暗调之间。

（3）层次 层次是指图像上最亮到最暗阶调的密度等级。层次的多少决定画面上色彩的变化和质感。层次通常用灰梯尺来量度。

（4）层次曲线 原稿密度和复制品密度之间的关系曲线称层次曲线，反映了印刷品与原稿的密度关系或印刷品与菲林的网点大小关系。

(5) 连续调图像 连续色调图像通常指在一幅图像上, 由淡到浓或由深到浅的色调变化, 并且浓淡或深浅是以单位面积成像物质颗粒密度来构成的。如照相分色底片的连续调, 是在单位面积内由金属银颗粒密度构成的; 各种彩色画稿的连续调, 是在单位面积内由各种颜料颗粒密度构成的, 单位面积内颜料颗粒多即为深色调, 否则为浅色调。连续调图像的深浅变化是无级的。

(6) 半色调图像 半色调通常是指经过特殊加工后的印刷品上的由浅到深或由淡到浓的变化, 是由网点面积大小构成来表现的。在印刷品画面上, 色彩和浓淡均是由网点来表示的。在观察印品画面时, 网点面积大, 颜色就深, 称为深调; 网点面积小, 颜色就浅, 则称为高调。由于网点在空间上是有一定的距离的, 呈离散型分布, 并且由于加网的级数总有一定的限制, 在图像的层次变化上不能像连续调图像一样实现无级变化, 故称加网图像为半色调图像。加网的阳片菲林、阴片菲林、印刷图像等都是半色调图像。

二、阶调复制的必然压缩性

图像质量评估的重要指标之一是复制后的图像是否在还原的基础上对图像阶调进行合理

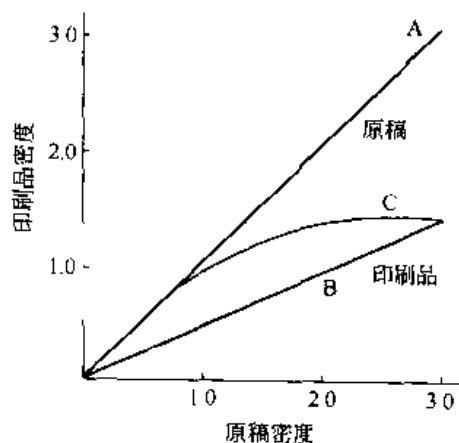


图 4-8 阶调曲线

分配, 使之有利于印刷时的阶调再现。理想的图像阶调还原应该是原稿的所有层次完全反映在复制品曲线, 如图 4-8 中曲线 A, 但是, 由于在印前作业中被复制的图像几乎都是应用在印刷品上, 其最大密度仅在 1.8 左右 (一般彩色正片原稿的密度范围约 2.7~3.0, 而印刷品的最大密度范围约 2.0), 大大低于原稿的反差。由于原稿与复制图像的载体和成色方法不一样, 要将反差为 1.8~2.8 范围内的原稿密度层次表现在仅有 1.8 左右反差的印刷品中, 就需要将原稿的层次进行压缩。但若按线性压缩, 压缩后的阶调曲线如图 4-8 中曲线 B, 复制出的印刷品会显出灰平结果, 即画面暗调部分不够厚实, 高光部分不够明亮, 原因是人眼的视觉并非线性。

因此, 对图像的阶调层次的压缩实际是按印刷再现要求, 对原稿层次调整再分配。人的视觉对印刷品画面的要求总是希望其阶调层次级差拉开些、明晰些, 色调的明快与浓度更真实些, 要解决原稿图像复制压缩与印刷品视觉要求的矛盾, 只有采取对各级阶调层次作不均等的压缩和分配。画面形象的主体一般都表现在中高调上, 只有个别画面由于艺术表现意图的不同才会用暗调或亮调来表现主体形象, 如夜景等, 对于中偏亮调应作为复制的主体加以突出, 略作加深复制, 对中高调层次少压缩些, 暗调层次多压缩些, 这样可以使高调端层次密度级差拉得开些, 中间调主体层次密度偏深些, 暗调端密度层次扁平些, 如图 4-8 中的曲线 C, 这是一般原稿标准的密度阶调层次复制再现曲线。针对原稿的不同的阶调层次分布状态以及复制再现的要求, 应对各级阶调层次或强调或压缩分别做出具体的调整。

阶调压缩范围应与印刷用纸相匹配 (见表 4-3)。

阶调压缩要注意使原稿的明、暗反差与印刷品的明暗反差相匹配, 即充分利用纸张的白度和印刷油墨所能呈现的最佳密度。

阶调压缩的另一个要求是印刷品应有一个合理的阶调范围 (见表 4-4)。

表 4-3 印刷用纸的层次范围参考值

纸张类型	阶调范围
高级涂料纸	1.8
一般涂料纸	1.5~1.6
新闻纸	0.9

表 4-4 印品高光及暗调设定参考值

原稿类型	高光网点面积率/%	暗调网点面积率/%
色彩逐渐偏亮原稿	7	97
正常原稿	5	95
色彩逐渐偏暗原稿	3	93

注：表中为青版设定数据，黄及品红版按灰平衡决定。

三、阶调与印刷的关系

组成印刷品的图像是阶调。印刷品各种各样的图像就是靠图像的明暗变化，即阶调表现的。印刷人员总希望把产品印刷得好一些，就是说，亮部的层次希望能鲜明，暗部的层次能显现，立体感要强，图像整体上明暗对比适中。事实上单从印刷这个方面来解决是较难达到这个效果的。从原稿复制到印刷出成品，中间存在着一些技术、材料等方面的问题，这些问题有的能够通过提高技术水平来解决或部分地解决，有的则受材料上的限制一时还不能解决。从制版来说，虽然有先进的电子分色机和彩色桌面出版系统可以作一定程度的弥补，但在有的方面一时还难以满足印刷过程的要求，从印刷本身说也是这样。利用现有的设备和技术，所能做到的只是尽量减少印刷成品与原稿的差距。可以这样说，印刷技术过程就是力求“还原”原稿的过程。技术操作水平低或较低，“还原”程度就不会高，印刷品质量就低劣。从这一层意义上来说，这一“还原”过程就是技术过程。

衡量图像阶调的尺度是密度。它是指在图像中某一阶调处对光的阻止能力。原稿的最高密度可以达到 3.0 以上，印刷品的最高密度通过四色油墨印刷只能达到 1.8，一般的只能达到 1.6。欲要达到原稿最高密度 3.0，印刷技术是难以办到的。表 4-5 列出了原稿与印刷品的差别。

表 4-5 原稿与印刷品的差别

名称	阶调	密度	材料	受光	载体
原稿	连续调	最高 3.0	胶体	透射 / 反射	胶片
印刷品	半色调	最高 1.6	颜料	反射	纸张

实际上从原稿开始经过制版过程，再经过印刷过程到印刷品，其密度变化过程是比较复杂的。从原稿到晒制成印版，密度呈下降的趋势，从印版到印刷品，密度呈上升的趋势。换句话说，用阳图晒制成印版时，网点是缩小的（用阴图晒制成印版时网点将扩大）。

组成阶调的基础是层次。印刷品图像整体明暗的变化表示了图像整体的阶调，这是从整体来说的，这个整体阶调从亮调到暗调间的、一级级的明暗变化就表示了层次。所以说，层次是组成阶调的基础，阶调是各级明暗变化层次的集中表现。图像中最亮处的密度是图像的最低密度；图像中最暗处的密度是图像的最高密度。平常所说的“反差”，实际上就是指图像中最亮部位和最暗部位的密度差。印刷当中，虽然不需要测量它们变化的具体数值，但是，在评价印刷品质量上是经常用到的。

由此看来，印刷品的质量表现在相当程度上就是阶调层次的表现，决定图像阶调层次的程度，一般地是制版而不是印刷（但这不等于说，印刷是无法改变的）。从分色制版过程来说，层次代表着不同密度的颜色，颜色又形成了不同密度的层次，两者是不可能截然分开的。图 4-9 表现了层次的误差与印刷的关系。这是一组分色阴片层次误差的情况，图 4-9(a) 黄、青的密度是平衡的，但品红的阶调较平，暗调的密度较高，品红量不足，在曲线 A 交

点处是中间层次，表现较为准确；图 4-9(b)品红的高调密度较低，印刷时会造成印刷品高调部分品红过量、偏红，暗调基本准确；图 4-9(c)黄、品红、青的高调部分密度基本一致，但黄、青在暗调部分较品红的密度低，这会造成印刷品暗调部分黄、青色过量，偏绿；图

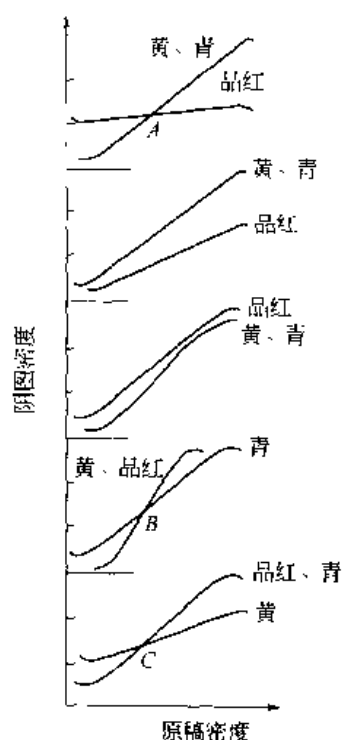


图 4-9 层次的误差与印刷的关系

4-9(d)青的高调部分过量，暗调部分不足，在曲线 B 的交点处比较准确；图 4-9(e)黄色的暗调部分密度较高，黄量不足，高调部分过量，在曲线 C 的交点处较为准确。

组成层次的基础是网点。一张原稿是连续调的，经过了分色加网以后，就会形成大小不同又不完全连接的网点和深浅不等的阶调层次。上机印刷时，这些大小不同的网点转印到纸上后就显现出不同的阶调和层次。从印刷的角度来说，印刷品图像阶调层次的变化，实际上就是网点的变化。主要包括网点的着墨性能、网点的质量、网点的形状选择、网点的扩大量和网点有一定联系的因素，如油墨的性能、纸张的质量、油墨与润版液的配合、印刷设备的性能以及工艺技术的操作等。所以，掌握了网点和网点与阶调层次的关系，也就能够掌握和印刷出理想的阶调和层次。

四、阶调再现曲线

最佳阶调再现是获得高质量黑白或彩色印刷图像复制工艺的最重要的环节。它不仅跟分色片的制作有关，而且还跟其它一些工艺因素有关，其中主要是原稿图像质量、油墨、纸张特性、网点形状、网目线数、纸上实地油墨的密度以及有关的印刷特性参数如网点扩大、网点变形、叠印和糊版等。应当通过组织标准化生产，把这些工艺因素对阶调再现产生的影响量化，在制作分色片的阶段加以补偿。

阶调再现泛指一组被复制的阶调值与原稿上相应一组阶调值的对应关系，阶调值可用密度值或网点覆盖率表达。阶调再现曲线是用曲线表达原稿和印刷复制品密度之间关系的方法，它是论证阶调再现效果的一个有用工具。

一个既定的原稿，在对其进行分色直至印刷复制的过程中，可以人为地改变它的层次复制情况，将原稿的阶调值压缩、扩展或保持不变。由于印刷材料及工艺技术等因素的限制，在大多数情况下，原稿的密度范围比印刷图像的密度范围大，两者不可能完全匹配，大多数彩色图像连续调原稿得不到忠实复制和再现，而只能让印刷图像尽可能逼近原稿，解决的方法是压缩原稿的阶调范围，使其和纸张、油墨能够再现的密度范围相匹配。

在实际应用中，要根据原稿的特征，抓住要复制和强调的重点层次段，对次要层次段作相应的舍弃。一般原稿的高光到中间调层次段，常常作为主体，应重点强调。但有些原稿，如夜景、逆光摄影作品等，其暗调部分面积大，而且为画面主体，此时往往需要对暗调层次进行强调。总之，要根据原稿特点区别对待和灵活掌握。

图 4-10 为几种典型的阶调再现曲线。曲线①为高光

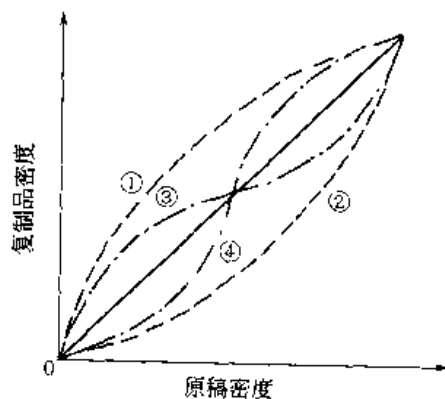


图 4-10 几种典型的阶调再现曲线

层次被拉崩、暗调层次被压缩。适用于暗调面积小，需要强调亮调层次的原稿。曲线②为暗调层次被拉崩，高光层次被压缩。适用于暗调面积较大，画面偏闷，需要把暗调层次拉开，使整个画面提亮的原稿。曲线③为高光和暗调均被拉崩，中间调层次被压平。适用于画面偏闷，高光层次比较平的原稿。曲线④为高光、暗调层次都被压缩，而中间调层次被拉崩的情况。适用于原稿偏薄，密度反差较小的原稿。可见，要想获得一条最佳阶调再现曲线，必须综合考虑各方面的影响因素，使印品的色彩与阶调得到良好的再现。

第三节 灰 平 衡

印刷是指以忠实于原稿或高于原稿为原则，批量复制原稿中图文信息的过程。大多数情况下，都是将青、品红、黄、黑四种油墨，用一定的方法涂布于纸张等承印载体上，形成千差万别的图文信息。上述四种油墨的各项物理、化学性能决定了印刷品的质量，尤其是四色油墨各自的颜色表现、颜色的纯度等更将直接关系到印刷品图像的色彩。桌面制版人员在从事图像扫描、分色制版时首先就应该考虑到这一点，应该了解印刷时四种油墨各自的偏色情况、纯度如何。特别是青、品红、黄三色油墨各偏向何种颜色，定量是多少更为重要。下面通过油墨灰平衡原理来分析油墨的偏色问题。

灰平衡是印刷复制理论中最重要的内容之一，它是印刷图像中一切颜色存在的基础，没有灰平衡，就没有图像中五颜六色的颜色。无论何种颜色都是在灰平衡数据的基准上变化而来的。优先考虑印刷油墨的灰平衡，并用它来指导图像的扫描分色，这是取得高质量印刷品的保证。本节将从多个角度讲解灰平衡原理及具体应用。

一、灰平衡的基本概念

简要地说，灰平衡是能够产生灰色的颜色组合。以 RGB 加色空间为例，将亮度相近的 RGB 三色混合时，就会产生灰色，亮度值为 200 的红、绿、蓝三色与 25% 的灰相同。灰色又称为中性灰，它是不含彩色成分的灰色调。如果混合 210 的红，200 的绿，200 的蓝，结果会产生含有红色成分的较暖的灰色。它看上去像灰色，但不再是中性色。

在 RGB 加色空间中三种颜色只需要等量相加就可产生中性灰，而在进入 CMYK 印刷领域时，情况就不这么简单了。等量的黄、品红、青并不产生中性灰。它们产生较淡、较浑浊的灰色，而不是真正的灰色。

灰平衡的概念来源于四色印刷油墨的偏色现象，其本质也在于此。灰平衡就是指在一定的印刷、打样条件下，将青、品红、黄三色油墨按一定比例叠印，得到视觉上中性灰的颜色，这时就称为实现了灰平衡，将该点的青、品红、黄的网点百分数称为该点的灰平衡数据。可见灰平衡数据不是一个，而是一组、一系列数据。

理想油墨的成分应该是很纯的，不含其它的杂质，具体体现是等量的青、品红、黄油墨叠印时，就会得到视觉上的中性灰色。例如，当白光照射到品红墨上时，品红油墨应该将白光中的绿成分完全吸收，而将红、蓝成分完全反射，红、蓝光反射进入人眼就形成品红色，而实际中的油墨却并不是这样。仍以品红油墨为例，它在主要吸收绿光的同时，还吸收一部分红光和蓝光，而且对绿光也不是完全吸收，还要反射一部分，这样人眼所感知的就不是纯品红色了。

从实际油墨的光谱反射率曲线可知，青油墨中含有较多的品红、黄杂质颜色；相对的，品红墨中则含有少量的黄和少量的青杂质；黄墨中含有少量的品红色和青色杂质。不同油墨

含有杂质的量也不完全相同，因此，将三色墨等量混合叠印，得到的颜色会偏暖，为红灰色（因为青墨中已有较多的红色）。显然，只要加大青油墨的数量进行补偿，就可以找到达到中性灰色的平衡点。这一点就和洗涤剂中蓝色可使其看上去更干净洁白的经验很相似。多余的青使其余两种颜色更干净。例如，25%青、16%品红和16%黄混合产生25%中性灰。也可以说，灰平衡来源于三色油墨各自所含杂质的量的不同。

白色、黑色和灰色物体对光谱各波长的反射没有选择性，称为中性色。如果用CMYK表达中性灰颜色，可以有三种方式：

① 只用黑色表示，如 $K=100\%$ ， $K=50\%$ ， $K=70\%$ ；

② 用C、M、Y三色表示，如灰色R80G80B80，可用某一种油墨表示为C75%M66%Y62%；

③ 用C、M、Y、K表示，如上例中相同的颜色灰色R80G80B80，可用某一种油墨表示为C69%M56%Y55%K27%。

二、灰平衡数据

影响灰平衡数据的因素较多，如油墨的品牌、编号，纸张、印刷机等打样印刷的条件等。读者可向印刷公司咨询，找到该公司的灰平衡数据，用来指导自己的工作，以后再在这个公司印刷，质量就会有保证。读者也可以自己去测试，求取一组数据，但是这样作的前提是保证印刷的地方条件稳定，比如四色油墨的实地密度不变，纸张、油墨、设备等性能指标均不变，同时保证照排机线性化正常。然后按下列CMY三色数据在Photoshop中做一条灰梯尺，出片打样。逐级检查灰梯，若打样后灰梯发暖红色或局部几级偏暖红色，则说明还应该降低品红与黄的数据，改正后再出片打样，直到打出的样张视觉上是灰色的梯尺。记住这组数据作为自己的灰平衡数据，一定要熟记，因为以后的工作与它有密切的关系。某一类型的油墨产品，混合产生灰色的CMY值为常数。

表4-6所列，是一种典型的灰平衡关系，从中可以看出在三原色的比例中，青要比品红和黄的比例大一些，其多出的青的含量列于表4-7。

表 4-6 灰色油墨中三原色的比例/%

C	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100
M	3	6	13	21	29	37	46	63	71	82	87	94
Y	3	6	13	21	29	37	46	63	71	82	87	94
K	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100

表 4-7 多出的青的含量

阶 调	额外的青的含量/%	阶 调	额外的青的含量/%
高光	2~3	3/4 阶调	8~12
1/4 阶调	7~10	暗调	7~40
中阶调	12~15		

三、出版系统中与灰平衡相关的问题

灰平衡的问题贯穿整个印前出版系统及打样印刷的全过程。扫描软件中有分通道调节的功能（RGB或CMYK）。该功能可以校正扫描仪光源、感应部件等的偏色，将整个扫描系统调整到正常工作状态，同时也可以校正图像的偏色。

分色部分的灰平衡校正就是将分色中选定的油墨、纸张的灰平衡校正为打样公司的灰平衡

数据。

照排输出软件中的灰平衡校正使用得并不多。若客户有特殊要求，也可改变对话框中 CMY 的数据，使软片达到客户要求的数据。

四、灰平衡数据的应用

一组灰平衡数据有那么多，读者也许会觉得枯燥，不好记。其实只要了解这些数据的一般规律就不难了，比如在中间调附近，青的数据比品红、黄大 7%~9%，亮调处则大 2%~4% 等。灰平衡是色彩的基石，一切色彩都可以从灰平衡数据中得到解释。例如若问 C40%M25%Y34% 是什么颜色？读者若不了解灰平衡数据，除非是非常熟练、工作很多年的老手，否则很难一下子判断出这个颜色。用上灰平衡的数据，问题就变得非常简单，C40%M33%Y34% 为灰色块，现在 M 值为 25，比灰平衡数据少 8%。品红的补色是绿，缺品红就等于加大绿的比例，所以该色块为绿；又由于三色数据相差不大，则应为灰绿色。

第四节 灰色成分替代与非彩色结构工艺

彩色复制 (Color Reproduction)，无论是利用相加混合成色的彩色电视，还是以减色混合成色的彩色摄影、彩色印刷，都是建立在三色学说基础上的。总的来说，就是要控制红、绿、蓝三种色光辐射对人眼的刺激作用，从而使人眼在受到刺激后，产生不同的色彩感觉。因此，三色学说原理是近代颜色科学的基础，它促进了颜色技术的实践与发展。

但是，在彩色印刷复制中，由于印刷工艺的特殊性，以及所用原材料（油墨，纸张）与彩色摄影中的染料不同，除了使用三原色（黄、品红、青）油墨之外，还引入了黑色作为彩色复制中的第 4 种颜色，形成了三色加黑的四色印刷工艺。

1940 年，尤尔 (J. A. C. Yule) 曾经提出，在彩色印刷中采用“灰色成分替代” (Grey Component Replacement, GCR) 的设想。限于当时的科学技术水平，尤尔的这一设想无法实现。直到 1976 年，原西德法兰克福的哈拉尔德·屈帕斯 (Harald Kupperts) 系统地提出了所谓“非彩色结构” (Achromatic Color Construction, ACC) 复制理论，并在工艺上进行了开发。1982 年，原联邦德国海尔 (Hell) 公司推出了具有“非彩色结构”控制功能的电子分色机。从此，欧洲出现了“非彩色结构”的浪潮。如今，许多国家都在致力于“非彩色结构”工艺的研究，目的在于使“灰色成分替代”这一科学原理能够在印刷生产中得以实现。

一、颜色的三维空间属性

近代颜色科学的理论与实践表明，色彩是三维空间矢量。任何一种色彩，只要知道了用来表示该色彩特征三个独立的分量，则该色彩就惟一地确定了。

从心理学的研究出发，孟塞尔表色系统用色相 (H)、明度 (V) 和彩度 (C) 来描述色彩，即 HV/C 表示法。国际照明委员会推荐用 CIE 1931 XYZ 三维颜色空间和 CIE 1976 L* a* b* 均匀颜色空间来描述颜色。也就是说，对任意色彩 C 可以用三个独立的特征参数来确定，写成数学形式为

$$C=f(H, V, C) \quad (4-12)$$

$$\text{或} \quad C=f(X, Y, Z) \quad (4-13)$$

$$\text{或} \quad C=f(L^*, a^*, b^*) \quad (4-14)$$

在彩色图像印刷中，往往更需要知道的是匹配某色彩 C 的黄 (Y)、品红 (M)、青 (C) 三原色的数量，则色彩 C 又可表示为

$$C = f(Y, M, C) \quad (4-15)$$

更为重要的是在彩色印刷复制过程中，加入了黑色，而形成了黄 (Y)、品红 (M)、青 (C) 和黑 (K) 四种颜色油墨的叠印。是否可以说，在彩色印刷中，色彩是四维变量的函数呢？可以肯定地说，从直观心理判断与数学分析均表明，尽管加入了黑色，但色彩的三维空间属性仍然不变。从聂格伯尔方程的求解，已经充分表明了这一点。黑色油墨可以用来替代黄、品红、青中的被平衡了的那三部分油墨。写成数学形式为

$$\begin{cases} C = f(Y, M, C) \end{cases} \quad (4-15)$$

$$\begin{cases} C = f(Y, M, K) \end{cases} \quad (4-16)$$

$$\begin{cases} C = f(Y, K, C) \end{cases} \quad (4-17)$$

$$\begin{cases} C = f(K, Y, M) \end{cases} \quad (4-18)$$

从色彩学理论可知，黄、品红、青任意两原色相混合不可能得到黑色，因此，黑色与三原色中任意两原色的组合是线性无关的。所以，黑色可以作为描述颜色的三个特征参数之一而存在。而黑色与黄、品红、青三原色组合，则是线性相关的，因为三原色等量相加混合将得到黑色（即 $K = Y + M + C$ ）。

由此可以得出结论：在彩色印刷中，尽管使用了 Y 、 M 、 C 、 K 四种油墨，而色彩的三维空间属性仍然是确立无疑的，即不会因为四色印刷而改变色彩的三维客观属性。传统的四色印刷之所以加用黑墨，仅仅是由于印刷工艺本身的需要，是弥补三色印刷工艺中不稳定因素而不得不采取的一种技术手段。对印刷工艺来说，这是一个进步，对稳定产品质量也是很有成效的。但是，从色彩理论与颜色科学的观点来分析，在三原色中加黑是没有什么积极意义的。技术与科学有时是不一致的，在这里就充分表现出来了。

二、彩色中的非彩色成分

在彩色图像的整个画面中，除去彩色以外，还有非彩色成分。如高光、阴影、暗部等都是由白、灰、黑非彩色成分组成的。这些非彩色成分，可以根据灰平衡与等效中性密度原理，用一定比例的黄、品红、青三原色混合产生。

对于单一的色彩来说，是否也包含着非彩色成分呢？根据颜色合成原理，原色（一次色）不含有非彩色成分，如黄、品红和青。由三原色中任意两个原色混合所产生的间色（二次色），也不含有非彩色成分，如红、绿和蓝，它们可以称为纯彩色。如果在间色中加入第三种原色，进行混合，得到的复色（三次色）就会有非彩色成分产生，例如棕色、黄灰色、赭色、橄榄绿以及所有的复色中均含有非彩色成分。以红色为例[见图 4-11(a)]，当黄与品红等量混合得到纯红色，若黄与不同比例的品红混合可得各种黄红色[见图 4-11(a)，图 4-11(b)]，仍保持纯彩色而没有非彩色成分。如果在红色中加适量的第三种原色青，则红色变成棕色，同时在棕色内出现了非彩色成分[见图 4-11(c)] 的黑。随着青数量的增加，棕色中的非彩色成分亦越来越大，以至棕色逐渐变成黑色[见图 4-11(d)]。

以上情况表明，对于彩色图像来说，不仅仅是整个画面内有部分的非彩色成分的白、灰、黑存在，而且在画面中的某一彩色像素中，也存在有非彩色成分。因为在大多数彩色图像上，绝大部分的颜色是复色。因此，可以认为，对彩色图像中的大多数颜色来说，彩色成分与非彩色成分是同时并存的，而且非彩色成分数量的比例也能直接反映色彩的质特征。

在彩色印刷中，凡是三原色叠印，两个含量较多的主色，决定叠印后颜色的色相[见图 4-11(c)]，叠印量较少的第二色，决定叠印后颜色中非彩色成分的多少，也就是说，含量较少的第三原色只影响叠印后颜色的饱和度与明度。

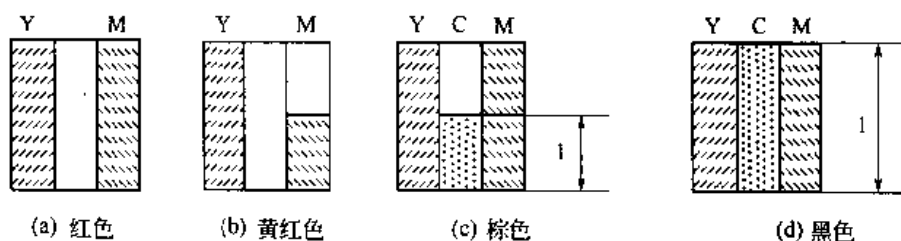


图 4-11 彩色中的非彩色成分

1—非彩色成分

三、灰色成分替代原理

所有复色均含有一定量的第三原色。在理想情况下，复色中的非彩色成分值总是与较弱的第三原色含量相等。这种由于第三原色的加入，促成的非彩色成分效应，用单纯的黑色也可以达到。例如，棕色不必给红色加 50% 的青，只需要将黄和品红各减去 50%，同时加入 50% 的黑色（见图 4-12），便会有同样的效果。因此，所谓灰色成分替代，就是指在彩色图像复制中，凡是用三原色油墨叠印或混合而构成的复色区的非彩色值，可采用与三原色中最弱色相等的黑色油墨来替代，并获得相同的视觉效果，这就是“灰色成分替代”原理。

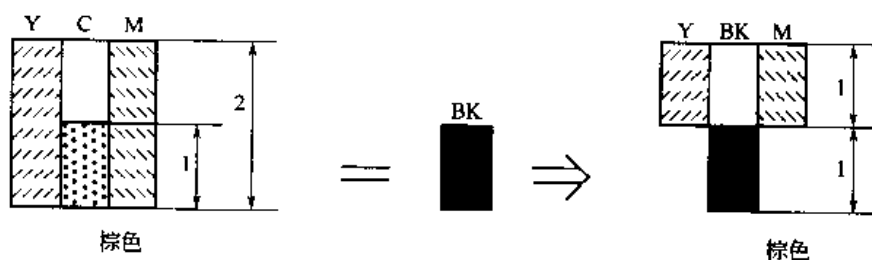


图 4-12 理想情况灰色成分替代原理

1—50%；2—100%

灰成分替代的另一理论基础是黑墨具有更大的作用范围。常规印刷中图像的阶调与色彩主要由三原色油墨来再现，而黑墨只是起暗调部分密度不足和稳定灰平衡的作用，故只采用骨架黑版（又称为轮廓黑版），但黑色油墨实际能再现的视觉可分辨梯级均大于其它各色油墨能再现的梯级。因此，尽可能引入更多的黑墨以利于扩大色彩再现的空间和层次。

在用黑色油墨来代替彩色图像中由三原色叠印所产生的中性灰色时，应保证替代后的视觉效果与原来的一致性。因此，实际上仍然是等效中性密度计算问题。对于灰平衡的三原色与等效中性密度的黑（白、灰、黑），在视觉效果上只要三原色构成的灰平衡（非彩色值）与等效中性密度相等，两者即可以替换。

对于理想的油墨、纸张和印刷条件，黑墨可等量地替代三种彩色油墨。但实际上按这种理想化的简单做法是得不到理想结果的。事实上，灰色成分替代在计算上较三色印刷复杂，技术设备也要求高，其原因是多方面的，但主要影响因素有四个方面：①印刷油墨中的颜色不纯是最大的影响因素，黄、品红、青各原色中都含有非彩色成分的灰度值，而且随着网点而积率的变化，灰度值的变化是非线性的；②两色或三色油墨叠印得到的密度值，一般都低

于各单色油墨分别印在纸上的密度相加之和；③纸张的白度和成色效应的影响；④印刷所采用的网屏线数和给墨量的稳定性影响。

四、非彩色结构工艺

用黑色代替中性灰成分来组成彩色的概念，尽管早在 1940 年就已经由尤尔提出，但长期以来未被人们承认。直到 1978 年，原联邦德国屈帕斯（H. Kuppers）在他所著的《色彩的逻辑》和《哈拉尔德·屈帕斯色谱》二本书中，提出了“非彩色结构”工艺，并在电子分色机上进行了实验，从而非彩色结构工艺才在欧洲一些国家以及美国和日本等国迅速推广。

1. 彩色结构工艺

所谓“彩色结构”就是现在传统的印刷工艺方法，在整幅印刷图像中的非彩色成分与彩色成分，全部由黄、品红、青三原色油墨构成；特别是图像中的非彩色成分（如中性灰色），也是用三原色油墨产生，这就是彩色结构。从色彩学的观点分析，三色印刷完全可以得到与彩色摄影相媲美的各种彩色图像。但是，三色印刷中油墨颜色的波动性很大，加之暗调部分的密度不够高，为此在暗调部分需增加黑墨，来提高图像的暗调层次。但是，在工艺实践中，暗调部分的油墨覆盖率如果太高（最高可达 400%），就不利于油墨的叠印与干燥，因而又采用了称之为“底色去除”（Under Color Removal, UCR）这样一种工艺手段。UCR 的意义，就是在彩色图像的暗部非彩色成分处，减少三原色油墨的份量，同时以黑墨加强之。所以，传统的彩色结构四色印刷工艺可以概括为

黄、品红、青、黑 + UCR

采用底色去除工艺的优点：

- ① 从工艺上解决了高速印刷过程中油墨的干燥问题；
- ② 使灰色再现容易平衡和稳定；
- ③ 补偿暗部的偏色现象，增强暗部的细微层次和图像的立体感；
- ④ 以彩代黑，降低油墨的成本；
- ⑤ 强调纯色，一般而言，若从整体上强调纯色时，采用底色去除为好，若只强调局部色则采用校色方法为好。

由此可以得出，采用底色去除工艺从印刷角度、提高质量、降低成本方面都是有利的。

传统的底色去除工艺主要作用于中性灰暗调部位，黑墨的取代量可多可少。如图 4-13 所示，理想的去除量为 100%，但实际上一般去除量为最少彩墨量的 30%~40%。去除范围可在整个原稿阶调上调节。如图 4-14 所示，黑版阶调长短由去除范围决定，去除范围小，黑版阶调短，反之亦然。黑版的深浅要随去除量变化而变化。去除量小，黑版则浅，去除量大，黑版则深，如图 4-15 所示。

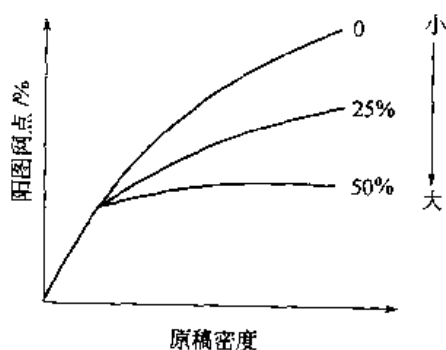


图 4-13 底色去除量

2. 非彩色结构工艺

所谓“非彩色结构”工艺，就是在整幅印刷图像中所有的非彩色成分都是由黑色油墨印刷形成（不是由三原色叠印产生），对于图像中的各种色相的彩色成分，仍然是靠彩色油墨来完成。因此，在印刷图像上的任何部位，最多仅有两个彩色油墨与黑墨存在。但是，现今的黑色油墨黑度不够，在图像的暗调部分密度偏低，黑墨不能单独胜任图像暗部的要求，这时就必须在非彩色成分的图像暗部加入彩色油墨来衬托。这种通过加入黄、

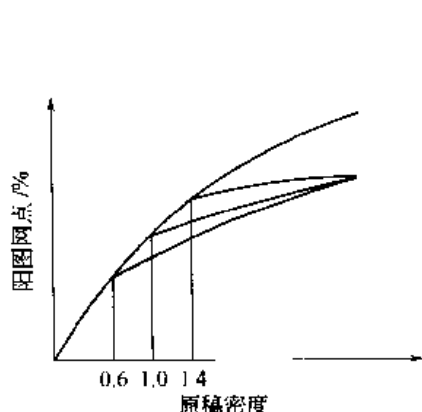


图 4-14 底色去除范围

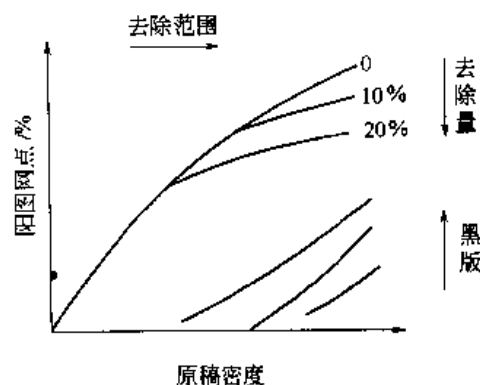


图 4-15 黑版与底色去除

品红和青墨量来使非彩色成分密度增加的工艺方法称为“底色增益”(Under Color Addition, UCA)。非彩色结构工艺只对印刷图像中的复色(三原色叠印区)起作用,而对原色和间色不起作用。对于非彩色结构四色印刷工艺,可以概括为

黑、(黄、品红、青)中的两色+UCA

底色增益补偿了GCR工艺中暗部色彩不足。但应注意:①底色增益只适用于GCR工艺;②该项设置应适当,一般情况下设在15%~25%之间。

3. 非彩色结构工艺与底色去除工艺的区别

① 底色去除在去除范围上有局限性,去除量也受到限制,一般只能作30%~40%的去除。非彩色结构则可作全阶调去除,且去除量不受限制,原则上可达到80%~100%的去除量。

② 在底色去除工艺中,黑版的补充量一般由操作者凭经验而定,而非彩色结构中黑版补充量和层次曲线可自动改变。

③ 最主要的区别是,底色去除只对图像暗调区域起作用,非彩色结构则可对整个图像和复色系统起作用,通过计算机计算的黑版补充量确保了整个颜色系统的性质不变。

4. 控制图像质量以满足印刷要求

胶印印刷是将连续调的图像分解成不连续的网点,通过这些大小不一的网点传递油墨,复制图像。在这一过程中,对图像质量的要求是关键,评价图像质量的内容大致包括:图像的阶调再现、色彩的复制、清晰度处理等方面。

图像的阶调再现是指原稿中的明暗变化与复制品(印刷品)的明暗变化之间的对应关系,原稿的阶调范围在0~4间,必然要对阶调进行压缩、拉伸或线性复制等处理。阶调复制的关键在于对各种内容的原稿作相应的处理,以达到最佳复制效果,例如,有些图像以阶调为主,有的以色彩为主,评价时应区别对待。

色彩的复制是指两种色域空间的转化及颜色数值的对应关系。人们观看原稿及电分机、扫描仪扫描图像所得的都是原稿的光学信息,用RGB表示。而最终所得的印刷品,是用四色油墨来表达,以CMYK表示。人们评价印品的色彩复制,不是看屏幕上的颜色,而是看原稿中的颜色是用多少的CMYK来表示,这些数值是否是最佳的。

清晰度的强调处理是指弥补连续调的原稿经挂网变成不连续的图像时,所引起的边缘界线的模糊。此外由于印刷使用的四色叠印及纸张油墨等印刷材料都会导致印刷图像的清晰度降低。因而,制版时适当强调图像的锐化是必然的。评价清晰度复制得如何,就是看对于不同类的原稿,是否采取了相应的处理,以保证印品满足读者的观看需要。

第五节 黑版计算与图像复制

一、黑版的作用与类型

1. 黑版的作用

黑版用以补偿印刷的局限性并使印刷顺利进行,对提高产品质量起着重要的作用。

(1) 能加强图像的密度反差 按目前常规印刷条件, Y、M、C三色油墨叠加后的密度为 1.6~1.7, 而视觉分辨一般能达 1.8~1.9。因此, 选用适当阶调的黑版补偿三原色叠印密度不足, 从而加大图像总的密度范围, 增加图像的暗调反差、立体感, 提高产品质量。

(2) 稳定中调至暗调的颜色 常规复制法采用骨架黑版起加强轮廓作用, 大部分从图像的中调开始用黑版, 因此, 黑版主要对中至暗调起作用。底色去除复制和灰成分替代复制, 黑版阶调更长, 其稳定范围更大。理论上按相应网点比例的黄、品红、青油墨可以叠加出需要的颜色来, 但印刷量大, 印刷条件不稳定, 如纸张、油墨等性能的差异、机器精度的可变性等, 中调至暗调特别是 70%~100%网点的面积处调节受到限制, 因此, 大多数产品中至暗调偏茶色, 颜色不稳定。而实际上大部分原稿暗调偏冷色, 与要求不符, 采用适当黑版叠加可以稳定颜色, 克服暗调偏色。

(3) 加强中至暗调层次 在彩色复制中, 一般的规律是保持亮调或略有强调, 保持中调或略有压缩, 暗调层次压缩为多。中暗调层次有并级现象。另一方面, 只用黄、品红、青三原色版叠加, 中至暗调的轮廓发虚, 阶调拉不开; 采用黑版, 轮廓清晰, 层次分明, 暗调细节分档明显。

(4) 提高印刷适性, 降低成本 随着高速多色印刷机的出现, 每色套印时间很短, 过厚油墨给印刷带来许多故障。因此, 要减少画面暗调部分中性灰区域的彩色油墨量, 用黑墨替代, 减少印刷故障, 提高了印刷适性。同时, 黑墨价格低廉, 成本降低。

(5) 解决文字印刷 彩色复制往往图文并茂, 如图内说明、广告介绍、图案标签、年历挂历的文字均需用黑版复制。从视觉要求看, 黑字效果最好。用三个色版套印文字是不现实的。

2. 黑版的类型

黑版应用的正确与否对产品质量影响很大, 因此, 黑版的类型也要根据复制要求灵活运用。黑版常分为长调黑版(又叫全阶调黑版)、直线黑版和轮廓黑版(骨架黑版)三种类型。直线黑版和轮廓黑版属于短调黑版, 如图 4-16 所示。

(1) 短调黑版 原稿主调色彩明快, 中性灰黑色及消色调层次较少($\leq 30\%$)时, 采用短调黑版。短调黑版从中间调开始用, 暗部可增加密度 0.3~0.7, 网点面积可达 60%~80%, 其作用是加强中间调至暗调的阶调反差, 强调最暗调层次, 作层次的骨架, 突出图像层次的轮廓, 故又名轮廓黑版。如图 4-16 中曲线①所示, 越向暗调处越陡。要注意, 采用短调黑版时, 三原色版层次曲线不作底色去除。

(2) 中调黑版 中等明暗的彩色稿, 消色调层次面积约占一半时, 宜用中调黑版。黑版阶调可延长至高调, 大约在 20%阶调处起用黑版, 既能稳定中调灰色的印刷再现, 又能增加暗调层次的浓厚感。中调黑版在最暗调可增加密度在 0.6 以上, 最大网点可达 80%~95%。其印刷密度层次曲线多呈直线, 也称线性黑版。如图 4-16 中的曲线②所示。采用中调黑版时, 要以短调黑版为基础, 对三原色版作少量的底色去除, 以减少三原色网点在中暗

调混合消色调的叠印量。

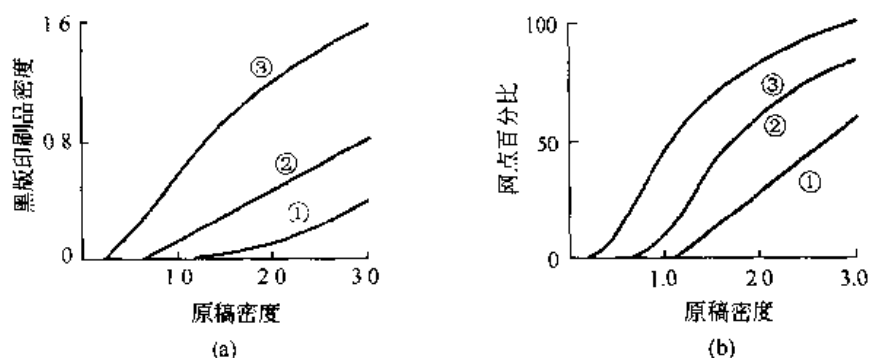


图 4-16 黑版印刷密度层次曲线与网点层次曲线

(3) 全调黑版 如机械图、国画类原稿，中暗调以消色层次为主，黑灰色层次面积达 70% 以上时，宜用全调黑版，又称长调黑版。这类原稿从图像的高调就起用黑版，能稳定全阶调中性灰色的印刷再现，并改善暗部四色网点的叠印适性。全调黑版在暗调可增加密度 1.0~1.5，网点面积可达 85%~100%，如图 4-16 中曲线③所示。采用全调黑版时，以短调黑版为基础，作全阶调和较多量（30%~60%）的底色去除。

如果纸张、油墨、印刷设备等条件较差，应使用“底色去除”或“灰成分替代”，由于整个阶调都存在黑色对彩色油墨的替换，也应使用全调黑版。

二、黑版生成原理与方法

1. 黑版生成原理

(1) 三色印刷和四色印刷 从彩色构成理论的角度看，Y、M、C 三色能实现任何色彩的复制和再现；对印刷工艺本身而言，黑版的增加并不给印刷带来好处，只会增加印刷时间。彩色复制中使用黑版的主要原因就是前面所述的理想油墨并不存在，即 Y、M、C 油墨的显色范围不能完全满足原稿色彩再现的需要，最明显的是在暗调区域密度不够。

三色印刷和四色印刷的差异主要表现在印刷品的暗调区域。在三色印刷得到的印刷品上，暗调密度值不足，其暗调层次被过分压缩，结果造成印刷品上的暗调层次和细节损失，画面被减弱。为弥补这一缺陷，彩色复制工艺中采用增加黑版的方法，提高中间调以上暗调区域的轮廓层次及细节反差。

(2) 黑版制作原理 在照相制版技术中，黑版的分色阴片是采用 Y 滤色片或 R、G、B 三种滤色片或其中任意两种滤色片分色拍摄而得，其目的是使原稿中除中性灰以外的色调在感光片上感光，并获得适当密度，而原稿的中性灰部分则在分色片上透明，并且高光和中间调层次次于青版，而暗调层次则比青版丰富。

电分机的黑版制作采用了独特的计算方法。显然，电分机在扫描分色采样时并没有设置黑版通道，即黑版不是由扫描直接读取，而是以校色后的 C、M、Y 三通道的主信号为基础，通过准确计算来获得被扫描的每一个像素的真正黑版信号。

正确的黑版是对原稿中性灰成分的准确再现，即根据中性灰成分的大小来制作适当密度的黑版。这种黑版生成的方法可叙述为：对于原稿中的纯色部分不形成黑版；对于非纯色，若纯色饱和度高，则黑版量小，纯色饱和度低，黑版量大。

在 C、M、Y 三种彩色油墨中，可以求得其中某一墨色的墨量能与其它两种颜色的油墨构成中性灰成分的最大共有油墨量。对纯色而言，共有油墨量为 0，但对复合色则不为 0。

显然,由此获得的黑版没有考虑复合色的纯色饱和度大小等因素,故将它称为全色黑版。电分机根据以上原理,以三种油墨量中最小的油墨量作为黑版的基本油墨量,并在此基础上根据三色的色彩饱和度,减去适当比例三色油墨量中最大值与最小值之差来获得满足彩色复制时复合色的黑版,当复合色的饱和度不同时则黑版量也不同。

总而言之,黑版信号产生的原则是:在彩色区域无黑版,只有在包含中性灰的区域才生成黑版。黑版量与饱和度相关,即饱和度越大,黑版量越小;饱和度越低,黑版量越大。

2. 黑版计算方法

黑版计算公式

$$\text{Black} = S - (L - S) / k \quad (4-19)$$

式中,Black 为计算所得的黑版量; S 为 C、M、Y 中最小油墨量; L 为 C、M、Y 中最大油墨量; k 为比例系数。

由式(4-19)可得如下结论。

① 黑版量的大小等于 C、M、Y 三色油墨中的最小值减去一定比例的三色油墨最大值与最小值之差。

② C、M、Y 三色油墨中的最小油墨量 S 是黑版生成的识别标志。当 $S=0$ 时,图像中对应像素点为纯色,无黑版;当 $S>0$ 时该像素为复合色,此时按一定的原则生成相应的黑版。

③ $L-S$ 可表示复合色饱和度的大小。当 $L-S=0$ 时,复合色为中性灰,黑版量最大;当 $L-S$ 增大时,像素点的饱和度增大,黑版量减少;当 $S=0$ 时,为纯色,黑版量为零。

④ k 值确定了饱和度对黑版的影响程度。 k 值越大,则饱和度对黑版的影响程度越小;反之,影响程度越大。当 k 值太大时,即不论饱和度大小,黑版量几乎一样,这样将把纯色部位弄脏;而当黑版量 k 值太小时,即只有在饱和度特别小时,才有可能产生黑版,黑版量太小,起不到黑版的作用,通常可取为 10~15。

3. 底色去除的计算方法

底色去除实际上是对复合色区域实行某种变换,以黑色代替彩色,减少彩色油墨,故计算方法与常规复制时的黑版计算相似,但更注重色彩的饱和度。底色去除的计算公式为

$$\text{UCR} = S - (L - S) / k \quad (4-20)$$

式中,UCR 为底色去除量(即黑版数量); L 表示青、品红和黄色油墨中的最大墨量; S 为青、品红和黄色油墨中的最小墨量; k 为比例系数。

底色去除计算时通常 $k=5$ 。可见,与常规复制技术中的黑版计算相比, $L-S$ 虽然不变,但因 k 的取值不同将导致黑版量的变化。

底色去除作用显著的区域位于原稿中接近中性灰的部位,但饱和度大和纯色区域的底色去除没有。这样,原稿画面中的明亮和鲜艳色调得到了保证,避免了因增加黑版而导致发暗和发脏的现象。

三、印前分色设置

在印刷领域一般以 CMYK 格式输出全彩色图像,但通常所使用的数字图像并不都是以 CMYK 这种色彩模式存在。如数码相机、大部分扫描仪在获取数字图像时是 RGB 色彩模式,这就需要将图像的色彩模式进行转换。一幅图像从一种颜色格式(RGB)转变为另外一种颜色格式(CMYK)所采用的方法即分色设置方法很大程度上决定了最终图像的质量。

打开 Adobe Photoshop,选取“文件(File)/颜色设置(Color Setting)/CMYK 设置

(CMYK Setup)”将出现如图 4-17 所示的对话框，CMYK 设置对话框允许使用 ICC 概貌、分色表，或通过指定用来重现色版的油墨和纸张属性来定义 CMYK 色彩空间。CMYK 设置对话框中的信息对于 Photoshop 中不同模式之间转换颜色值起到很重要的作用。

1. 油墨选项

油墨选项主要供用户指定后端印刷时所用的油墨品种、纸张类型以及印刷网点增大值。

(1) 油墨颜色 在整个生产流程中，从事印前的人员必须和后端印刷厂配合，才能使做出来的图片的 CMYK 值符合后端印刷厂环境，因此在油墨选项“油墨颜色 (Ink Colors)”中需要设置与后端相符的油墨品种和纸张类型，对于每种设置中的油墨和纸张类型都具有各自的特性，详细内容请参阅第二章。

(2) 网点增大 网点增大 (Dot Gains) 是印刷过程中一个不可避免的问题，此处的网点增大值表示在中间调 50% 处印刷时的网点增大值，网点增大值应根据后端印刷的情况来设置，随着网点增大值的增大，分色时应将相应的数据减小，这些减小就是为了弥补后端印刷时网点的增大。网点增大的设置也可以在不同色版通道中分别进行，只要在对话框右下角的通道中选取适当项即可。

2. 分色参数设置

(1) 分色类型选择 分色类型的选择有 GCR 和 UCR 两种。Photoshop 缺省用 GCR 来产生分色，要选择合适的分色类型，就必须了解 GCR 与 UCR 的区别。从黑墨对彩墨的替代作用来讲，二者具有相似性，但其本质是不同的。

① 虽然 GCR 与 UCR 都是黑墨对彩墨的替代，但替代方式不同。UCR 是对图像的深暗调部分，形成中性灰的彩色“底色”给予适量去除，用黑墨替代；而 GCR 不仅对底色，而且对复色中整个彩色区域都有替代。

② 替代作用范围不同。UCR 只局限于深暗调中性灰区域，而 GCR 可扩展到整个图像亮、中、暗调所有含中性灰的彩色区域。

③ 黑版作用不同。UCR 黑版用于加强图像深暗调的密度反差，增加层次、稳定深暗调的颜色，而 GCR 同时参与复色的色彩再现，具有组色作用。

④ 替代量不同。与 UCR 相比，GCR 产生的图像，其中间调 CMY 的数值要小些。说明 UCR 的替代量要小于 GCR，GCR 的替代量为 0~100%。

从 GCR 与 UCR 的区别可以得出 GCR 一般适合于暗调面积较大、以灰色为主、彩色为辅的原稿，如国画、版画、机械图等，而 UCR 适用于以彩色为主、灰成分较少的原稿，如风光摄影类等。

(2) 黑版生成 采用 GCR 进行分色时，可以在 Photoshop 中确定黑版生成，黑版生成 (Black Generation) 控制着灰色成分替代的起始点和替代量以及灰色成分替代曲线的形状。该曲线并非最终的黑版曲线，实际上是灰色成分替代曲线。Photoshop 中预置了 4 种形式的黑版生成，如图 4-18(a)、图 4-18(b)、图 4-18(c)、图 4-18(d) 所示，分别为轻度 (Light)、中度 (Medium)、重度 (Heavy) 和最大 (Maximum)，还可使用自定义 (Custom)，用户

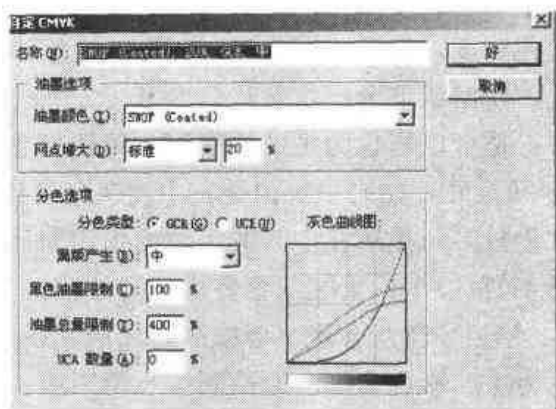


图 4-17 CMYK 设置对话框

可根据图像中性灰、消色与彩色的情况,确定灰色成分替代的起始点、替代量和中间部分的变化程度。在图 4-18(a)中,轻度灰色替代的起始点为阶调的 40%处。图像亮调部分无替代,中暗调部分产生替代,替代量较少,黑版生成曲线比较陡,C、M、Y 色版的含量较多,适合以彩色为主的原稿制作短调黑版。在图 4-18(b)中,中度灰色替代的起始点为阶调的 20%处,在同一阶调处,中度灰色替代比轻度灰色替代的 C、M、Y 版的含量少,而黑版含量较多,黑版在中暗调区域的作用明显增加,适合中等明暗的彩色原稿制作中调黑版。在图 4-18(c)中,重度灰色替代的起始点为阶调的 10%处,黑版生成曲线较平,替代量很大,C、M、Y 色版含量显著减少,黑版几乎在图像的整个阶调区域都起很大的作用,适合以消色为主、彩色为辅的原稿制作长调黑版。在图 4-18(d)中最大灰色替代的起始点为阶调的 0 处,黑版生成曲线呈 45°的直线,灰色成分替代量达到最大,无需 C、M、Y 色版形成中性灰,适合制作全阶调黑版。

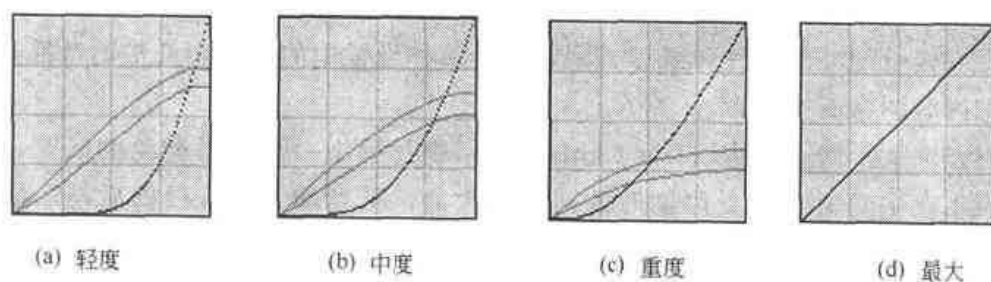


图 4-18 黑版生成曲线

黑版生成曲线的选定或使用自定义要考虑的因素较多,分析如下。

① 主体为中性灰的图像。主体为中性灰的图像(或金属色),当中性灰(特别是较浅的中性灰)占据画面的重要部位时,避免偏色是非常重要的,此时增加图像的黑版总量即增加灰色成分的替代范围和替代量,有助于确保在全部颜色组成中有较多的中性灰,从而稳定中性灰平衡避免偏色,因此可选用重度黑版生成曲线。

② 中等明暗的图像。这类图像主要以色彩构成画面,但同时兼有灰色层次的明暗变化,复制时既要考虑色彩的还原,又要兼顾灰色层次的再现,因此灰色成分替代的范围和替代量不可太多,也不能太少,可选用中度黑版生成曲线。

③ 风景人物类彩色原稿。该类原稿彩色成分较多,灰色成分所占比例较少,彩色层次丰富,色彩艳丽,饱和度高,而灰色层次较少,阶调短。此类原稿一般使用 UCR 复制,若使用 GCR 复制,则灰色成分替代范围及替代量应小,以确保色彩的真实再现,因此可选用轻度黑版生成曲线。

④ 中性灰占绝对、色彩略作点缀类原稿。该类原稿层次的变化依赖于中性灰色层次的变化,即取决于黑版,黑版的阶调最长,为全阶调,那么灰色成分替代的范围及替代量最大,可选用最大黑版生成曲线,或使用自定义,使其曲线接近最大。

⑤ 避免套印不准的危险。由于视觉对暗调区的觉察不如亮、中调区敏感,在黑版上出现的套印不准与 C、M、Y 色版相比不太容易被察觉。因此,在印速较高时,可选用中度黑版生成曲线。

(3) 底色增益 采用灰色成分替代分色,可以给图像的印刷复制带来不少的好处:①印刷图像的灰平衡稳定性提高;②改善印刷适性;③网点增大降低;④增强图像反差和细微层次;⑤减少彩墨用量,节约成本;⑥工艺使用灵活。但也存在不足之处:①暗调印刷再现的

密度略有降低, 光泽度下降; ②亮调部分的透明感有所下降, 略显灰暗; ③色彩鲜明区域, 彩色与灰色层次过渡区套准出现偏差时会出现硬口白边; ④暗调区颜色的饱和度及细节有所降低。基于上述缺点, 在采用灰成分替代工艺时, 可以使用底色增益 (Under Color Addition, UCA) 技术, 增加图像深暗调处的 C、M、Y 色量, 提高图像密度, 从而克服 GCR 工艺所带来的缺陷。

UCA 增益量的大小主要取决于原稿与 GCR 替代量, 以彩色为主的原稿 (如风景类), UCA 增益量设置要高些; 对于以中性灰为主体的图像, UCA 增益量可设置为零; 对于夜景和以低调为主的图像, 其中间调色彩非常丰富生动, 暗调保留有色彩及细节, 适宜采用 UCA。对于同一类原稿, 若 GCR 替代量较多, 则 UCA 增益量相应增加, 反之, 则相应减少。

(4) 黑墨量限定 黑墨量限定 (Black Ink Limit) 缺省值为 100%, 该值一般不适合复制要求, 要进行重新设置。黑墨量限定的设置应根据图像黑版阶调的变化、总墨量限定值及印刷条件等综合因素而确定。短调黑版设置可定为 55%~65%; 中调黑版设置可定为 65%~85%; 长调黑版设置可定为 85%~100%。

对于同一类图像, 若总墨量限定值大, 则黑墨量限定值设置要减小; 反之, 则设置值要加大。印刷条件不同, 如在铜版纸与胶版纸上印刷, 则铜版纸的设置值要小于胶版纸。

(5) 总墨量限定 总墨量表示印刷图像最暗处 C、M、Y、K 四色油墨网点百分数的总和, 总墨量限定 (Total Ink Limit) 缺省值为 400%, 该值太大, 会产生许多印刷故障, 主要表现为图像的中暗调并级糊成一片, 损失层次、清晰度严重下降; 印刷过程中易产生拉毛、脱粉甚至剥纸现象, 油墨干燥不良, 易发生背面“粘脏”现象, 不利于“湿压湿”高速多色套印等。因此要想得到暗调层次丰富的印刷品, 就必须限定印在承印物上的总墨量, 即总墨量限定以确保最佳的复制效果。

总墨量限定设置, 一般来说, 即是正常黑场的定标点, 为 C、M、Y、K 四色网点百分比之和, 同一幅图像采用不同的印刷方式印刷, 总墨量限定不同。胶版印刷的总墨量限定取决于印刷机类型、印刷纸张、油墨、橡皮布等因素。一般根据暗调区域的网点增大情况而定。若网点增大值大, 总墨量设置应减小; 反之, 网点增大值小, 则总墨量设置相应增大。

① 使用从国外引进的先进设备印刷时, 由于其设备运行稳定, 加工精度高, 印刷时网点增大值小, 总墨量设置可大些, 而用较差的国产设备印刷时, 总墨量设置应小些。

② 使用气垫橡皮布, 而包衬又偏硬, 印刷时网点增大值较小, 则总墨量设置值应偏大, 相反, 使用普通橡皮布, 而包衬又偏软, 网点增大值较大, 则设置值应偏小。

③ 涂布纸因吸墨性好, 表面平滑度高, 印刷时使用较小的印刷压力, 网点增大值小, 故设置值可大些, 一般为 320%~340%。

④ 胶版纸因表面较粗糙, 吸墨性较差, 印刷时要使用较大的印刷压力, 网点增大值较大, 故设置值定在 300%左右。

⑤ 新闻纸因吸墨量大, 表面粗糙, 且要实施高速“湿压湿”套印, 网点增大值很大, 故设置值定为 250%~260%。

第五章 电子分色机的基本工作原理与 激光照排机的工作方式

彩色图像的印刷复制是用多种不同颜色的油墨网点叠印来完成的。因此,彩色图像印前需要进行色彩分解,即按照印刷油墨的不同颜色,把原稿上丰富多彩的颜色分解到多个软片原版或者印版上,这样的过程称为分色。在印刷时进行颜色合成,在印刷品上再现出原稿的色彩,彩色复制最常用的印刷油墨为青、品红、黄、黑四种。

电子分色机简称电分机,是一种专门进行图像分色的设备,曾经在印前图像制版中发挥重要的作用。作为一种光学、机械、电子一体化设备,它所要完成的任务是对彩色图像原稿进行扫描输入、修正和分色处理,再将青、品红、黄、黑四种分色图像曝光记录到感光软片上。在随后的工艺步骤中,经图文组合和整版拼版、阳图拷贝、晒版、打样和印刷,得到印刷复制品。

目前,在计算机图文合一处理的桌面出版工艺流程当中,经过“高端联网”的电子分色机仍然发挥着图像扫描输入和记录输出的作用,为印前处理和制版做出其贡献。

在本章中,先讨论有关图像分色的基本原理,随后简单介绍电子分色机与激光照排机的基本工作方式。

第一节 分色的基本原理

从色彩学原理中已经了解到无论原稿的色彩多么丰富,按三原色理论分析,所有的颜色都可以由色料三原色青、品红、黄按不同的比例组合而成,也就是说,彩色原稿的颜色可以用上述三种原色再现出来。因为实际生产当中使用的青、品红、黄三种油墨的颜色再现能力有限,因此,可能有一些原稿颜色难以印刷再现。但从原理上讲,用理想的色料三原色可以再现任何颜色。

彩色原稿图像需要借助人眼进行观察,而人眼靠红、绿、蓝三种光线的刺激才能产生视觉。根据人眼视觉原理和色光加色法可知,任何色彩都可以由红、绿、蓝三种原色光混合而成。因此,对入眼来说,原稿上丰富的颜色的组成成分只有红、绿、蓝三种光线发挥作用。

因此,彩色原稿复制过程是将原稿上的红、绿、蓝色光成分分解,按照青、品红、黄、黑四种色料(油墨),使其转变成分色印版上的网点。当四色油墨网点转移到承印材料上以后,对照明光线做选择性的吸收和反射,色光进入入眼后,使人们又获得彩色的视觉,达到彩色在印刷品上的再现。

由此可知,彩色原稿的复制分为颜色分解、颜色传递和颜色合成三个过程。

颜色分解是将彩色原稿的颜色用蓝、绿、红三种滤色镜分解转换为黄、品红、青和黑分色版的过程。按照分色手段的不同,分色工艺方法可以有照相分色、电子分色机分色以及桌面出版系统中的分色三种。实际上,电子分色机分色与桌面出版系统中的分色都是建立在电子/数字信号运算基础上的,两者有相同之处,又有区别。

颜色传递是对分色片进行阴/阳图转换、连续调/网点转换、软片/印版转换以及油墨网

点从印版向承印材料上的传递。可以用拷贝、晒版来制作原版和印版，也可以通过电子分色机、激光照排机、印版输出机等设备制作原版或印版。网点的传递通过打样或印刷完成。在多步的传递过程中，应尽量保持传递状态的稳定。

颜色合成是当油墨网点到达承印材料上以后，在套印准确的状态下，各色版的油墨网点重叠和并列，对外来的光线进行吸收和反射，再现原稿丰富的色彩，完成彩色复制。

第二节 电子分色机的组成和工作原理

电子分色机诞生于20世纪50年代初，在40多年的发展过程中，伴随着机械、光学、电子及计算机技术的发展，逐步成为一种高精度的彩色图像扫描、处理和记录设备，在高质量的彩色图像印刷复制中发挥了重要的作用。

桌面出版系统的出现和迅速发展，改变了印前处理领域的面貌，计算机图文合一的数字化信息处理成为主流。这促使电子分色机走向了开放式设备的道路。经过高端联网的电子分色机作为一种高精度的图像扫描、分色处理和分色片记录设备，与彩色桌面出版系统连接在一起，使其技术能力得到了充分的发挥。

在本节中，将概念性地介绍电子分色机的组成和基本的工作原理。由于结构和工作原理的相似性，对图像扫描输入和记录输出原理的介绍，有助于初步认识桌面出版系统中常见的滚筒扫描仪和外鼓式激光照排机。

一、电子分色机的基本组成和结构

电子分色机主要由五个部分组成，即原稿扫描输入单元、图像信息处理单元、分色片记录输出单元、人机操作界面和整机控制单元。如果按照组成部件划分，可分为机械部分、光学部分和电子部分。电子分色机组成如图5-1所示。

1. 原稿扫描输入单元

该单元由扫描滚筒、扫描光源、扫描头、驱动电机和机械部件等组成，如图5-2所示。扫描滚筒是原稿的载体，可装贴透射及反射原稿。它由无色透明的有机玻璃制成。为了满足图像缩放的要求，电分机一般配备直径不同的2~3个扫描滚筒。扫描光源为原稿提供点状照明，通常采用溴钨灯，也有的电分机采用氙灯。扫描光源发出的光线分别通过透射光路和反射光

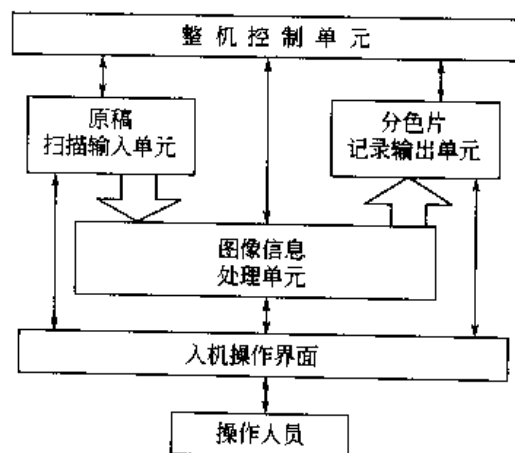


图 5-1 电子分色机的组成

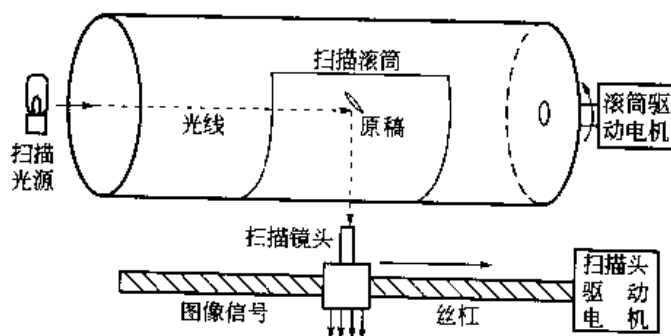


图 5-2 电子分色机的扫描输入单元

路到达扫描滚筒，以适应不同原稿的照明需要。

扫描头的结构较为复杂，包括扫描镜头、扫描光孔、分光滤色系统、光电转换器件、前置放大电路等。原稿的光信息由扫描镜头进入扫描头，分解为红、绿、蓝三路分色光线和虚光孔光线，送到光电转换器件，转换成四路图像电信号。图像电信号经前置放大电路放大，送往电分机的图像处理单元。

驱动电机有滚筒电机和扫描头电机。滚筒电机驱动扫描滚筒高速旋转而扫描头电机驱动一根丝杠转动，由丝杠带动扫描头移动。

2. 图像处理单元

该单元包括彩色计算机、比例计算机和网点计算机。

彩色计算机主要用于对图像电信号进行对数转换、颜色校正、层次校正、黑版计算、底色去除、灰成分替代、清晰度强调等处理，得到青、品红、黄、黑四色图像信号。

比例计算机是用来计算并控制图像尺寸缩放的。通过它的计算和对电分机的控制，可以在横向及纵向对原稿图像进行缩放。网点计算机的任务是对分色图像进行加网处理，形成控制网点记录曝光的信号。在这些信号的控制下，记录输出单元曝光记录出加网分色片。

经过图像处理单元的工作，使图像在阶调层次、颜色和清晰度上得以修正，同时，在复制尺寸缩放方面也符合要求，最终得到可以直接用来记录网点分色片的控制信号。

3. 分色片记录输出单元

分色片记录输出单元由记录滚筒、记录光源、记录头、驱动电机和机械部件等组成，如图 5-3 所示。

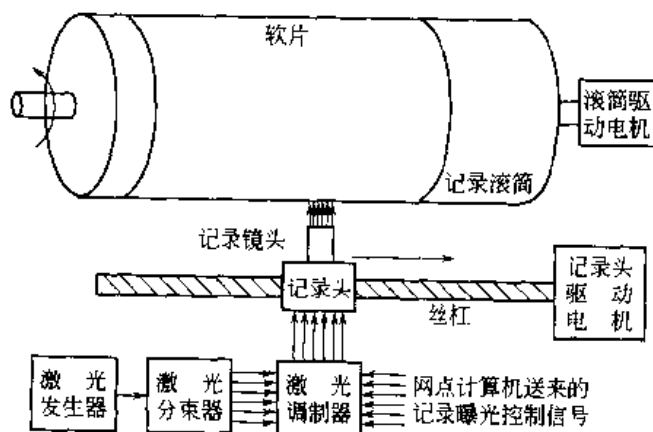


图 5-3 电子分色机的分色片记录输出单元

记录滚筒是用来安装感光软片的金属滚筒，滚筒上设有与气泵相通的吸气孔。通过真空吸气将软片紧密地固定在滚筒上。

记录光源是激光。不同品牌和型号的电分机使用的激光种类可能不同。通常有氩离子激光、氦氖激光和半导体激光。激光器发出的激光分成多束，经过激光调制，由光纤送到记录头上。

记录头上装有光学镜头，它将光纤送来的多束激光准确成像在感光软片上。在曝光控制信号作用下，对感光软片曝光形成网点分色片。

驱动电机有滚筒电机和记录头电机。滚筒电机驱动记录滚筒高速旋转，而记录头电机驱动一根丝杠转动，由丝杠带动记录头移动。

4. 人机操作界面

该部分是电子分色机与操作人员的联系桥梁。通过它，操作者对图像进行定标调节、设置机器状态、输入必需的数据和指令，使电分机按要求工作。在电分机上，人机操作界面通常有操作面板形式的，包括专用的旋钮、开关和键盘等；也有计算机终端形式的，包括显示器、标准键盘、鼠标器等一些部件。操作者可以在 DOS 或 Windows 环境下进行操作。

5. 整机控制单元

该单元负责接收操作者的图像定标数据和操作命令，将其转换成电子分色机各部分的控制指令，使电分机的各部分按照要求正常地工作。此外，它还担负机器各部分状态的监控任务，在出现故障时做出响应和警告，该部分通常由微机进行信号处理和控制在。

二、电子分色机的基本工作原理

1. 单机工作原理

如图 5-2 所示，图像原稿贴在扫描滚筒上，扫描滚筒在电机带动下高速旋转。同时，步进电机驱动丝杠，带动扫描头沿导轨横向移动。扫描光源发出的光照射到原稿上，扫描头逐点逐行地接收原稿来的光信号。光信号在扫描头内分解成红、绿、蓝和虚光四部分，经过光电转换得到四路电信号并送入彩色计算机。

如图 5-4 所示，在彩色计算机内，对电信号进行多种处理和分色转换，最后送出青、品红、黄、黑四路图像电信号。在比例计算机内，按尺寸缩放要求对图像信号进行处理。在网点计算机内，按网点面积率、网点形状、加网线数和网线角度进行加网计算，获得控制激光曝光的多路信号。

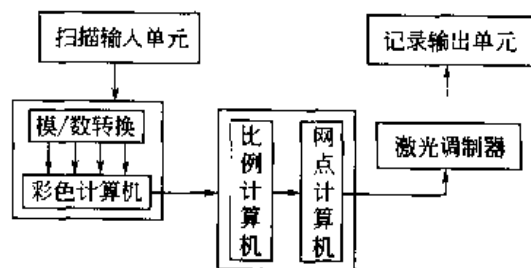


图 5-4 电子分色机的基本工作原理框图

在分色片记录单元，多束激光受到多路曝光控制信号的调制，送到记录头对软片曝光。装有软片的记录滚筒也在高速旋转，而记录头在步进电机和丝杠驱动下沿横向移动。多路激光对软片曝光形成网点，而多行网点组成了分色片图像。

2. 高端联网电分机工作原理

对电分机的基本组成和工作原理有一定了解以后，下面简单介绍有关电分机的高端联网工作方式。所谓高端联网是指将电分机与彩色桌面出版系统连接起来，使用电分机的原稿扫描输入单元，把彩色原稿图像信息以青、品红、黄、黑分色信号的形式输送到桌面出版系统计算机当中。彩色图像信息在计算机中进行图像创意、图文组版等处理以后，形成整体页面信息，经过栅格图像处理器（RIP）解释处理后，送回电分机的分色片记录单元，经曝光记录获得图文合一的四色分色片。图 5-5 给出了高端联网电分机的图文信息处理流程框图。

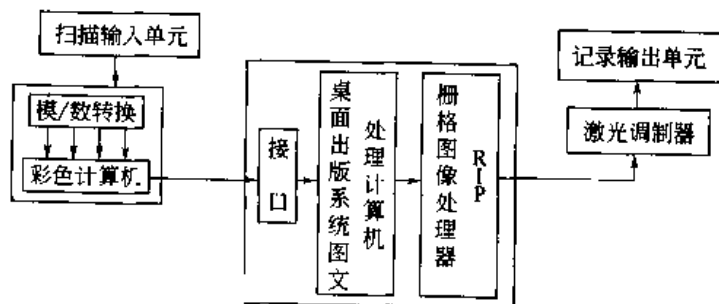


图 5-5 高端联网电分机的图文信息处理流程框图

高端联网形成的彩色桌面出版系统充分发挥了电子分色机扫描和记录精度高、幅面尺寸大、图像分色质量好的优点，又结合了计算机图文信息处理的强大能力，是一种较好的系统组合方式。

三、电分机原稿扫描输入单元的工作原理

电分机的原稿扫描输入单元是一台分辨率很高的图像扫描设备。现介绍它的图像扫描工作方式和原理。

在扫描滚筒高速旋转的过程中，扫描头作横向运动，因此，扫描头对原稿的扫描是按螺旋线轨迹，逐行逐点进行的。

透射原稿的扫描光源一般安装在扫描滚筒一侧的灯室内，其光线通过“光臂”传送到滚筒内部。光线照射到滚筒内壁上，透过原稿并由扫描镜头接收。反射原稿的扫描光源发出的光线通常分成几部分，通过多路光纤传送到扫描镜头周围，再由多个物镜把光线汇聚到滚筒表面的原稿上。由原稿反射出来的光线进入扫描镜头。如图 5-6 所示，从原稿上透过或反射来的光线，由扫描镜头接收，进入扫描头。在扫描头里，光线成像在扫描光孔上，形成光斑。光斑中心的光线进入光孔（也称为“主光孔”），而主光孔以外的（称为“虚光孔”）的光线则被反射，从另一条路径传送，最后到达光电转换器件。这一路径称为“虚光光路”。

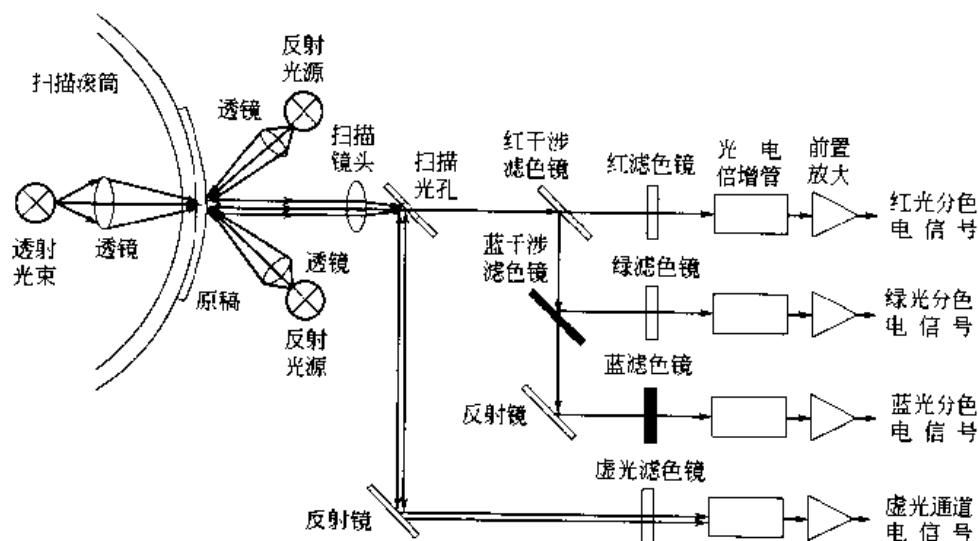


图 5-6 电子分色机扫描输入原理

进入扫描光孔的光线，先到达红色干涉滤色镜。光线中的红光成分透过干涉滤色镜，再经过红分色滤色镜，到达光电转换器件。在红干涉滤色镜上，被反射的绿光和蓝光成分又到达蓝色干涉滤色镜，蓝光成分透过，再经过蓝分色滤色镜，到达光电转换器件。从蓝干涉滤色镜上反射出来的绿光成分，经过绿分色滤色镜，也到达光电转换器件。至此，红、绿、蓝和虚光四路光线都到达各自的光电转换器件。电子分色机采用的光电转换器件是光电倍增管，它利用光电效应和电子的多级倍增，将光线转换成电流信号。原稿明亮处光通量大，则产生的电信号较强，反之，原稿暗调处对应的电信号较弱。红、绿、蓝和虚光四路光线的强度随原稿变化，相应地产生四路电流信号。通过前置放大器，将四路电流信号放大并转换为电压信号，从扫描头送出，进入图像处理单元。电分机的扫描输入单元与彩色桌面出版系统使用的滚筒型扫描仪在结构和工作方式上十分近似，属于同一类图像扫描装置。

四、电分机图像处理单元的工作原理

电子分色机的图像处理单元的主要任务有以下三项。①修正及分色处理。对图像信号进行修正和分色处理，使四色图像达到优良的品质。②缩放处理。针对图像缩放进行控制，使图像达到需要的尺寸。③加网处理。按照分色片的记录要求进行加网处理，为分色片曝光记录提供控制信号。这三项任务分别由彩色计算机、比例计算机和网点计算机承担。

1. 模拟/数字混合式和全数字式电分机

图像信号有模拟信号和数字信号两种，模拟信号具有连续性，在一定的范围内连续变化，信号值是不分等级的，而数字信号则具有离散性（不连续性），相当于把图像分割成不连续的点，其信号数值分成有限等级。数字图像信号便于通用计算机系统处理，传输稳定且损失小。

按图像信号的不同，电分机也分为模拟/数字混合式电分机以及全数字式电分机两类。模拟/数字混合式电分机的主要特点是，其彩色计算机处理的是模拟图像信号，而其比例计算机和网点计算机则处理的是数字图像信号。与此相对应，全数字式电分机的整个图像处理单元都是对数字图像信号进行处理的。由于从扫描输入单元送来的图像信号都是模拟电信号，因此在图像处理单元内，需要设有模拟/数字转换器，将模拟图像信号转换成数字图像信号。在模拟/数字混合式电分机中，模拟/数字转换是在彩色计算机后而进行的，而在全数字式电分机内，模拟/数字转换器则设置在扫描输入单元和对数变换之后、彩色计算机前面。模拟/数字混合式和全数字式电分机的图像处理单元分别如图 5-7 (a) 和图 5-7 (b) 所示。

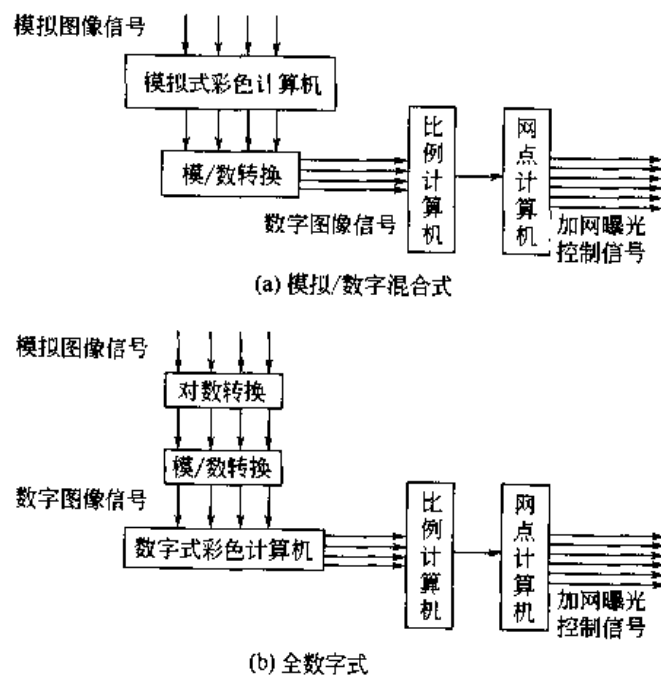


图 5-7 电分机图像处理单元框图

2. 彩色计算机的工作方式

电分机的彩色计算机要完成对数变换、颜色校正、层次调整、黑版计算、清晰度强调、底色去除、灰成分替代等处理。

① 对数变换 将图像信号转变成与光学密度成正比的信号，实际上是“向密度转换”。有些电分机还对图像信号做“孟塞尔变换”、“二分之一对数变换”等处理，使操作者能够对

图像阶调进行各种修正。

② 颜色校正 对彩色图像信号进行处理,修正油墨以及原稿上的颜色偏差。通常有主校色和选择性校色。

③ 层次调整 对图像信号作非线性变换,达到层次校正的目的。

④ 黑版计算 根据原稿和分色复制的要求,获得合适的黑版图像信号。

⑤ 清晰度强调 对四色分色信号进行处理,在图像亮暗突变的边缘,出现“更亮/更暗”的强调效果,达到提高图像清晰度的目的。

⑥ 底色去除/灰成分替代 根据分色要求,去除或降低三种彩色油墨量,同时增加黑版量。

模拟式彩色计算机与全数字式彩色计算机的工作方式有很大不同。模拟式彩色计算机是用模拟电路完成上述多种计算的。例如,用非线性转换电路对图像信号进行对数变换和层次校正;用计算蒙版校色方程组的方法产生校色信号,再与图像信号叠加(电子校色蒙版),从而修正分色图像信号的颜色;用主光孔与虚光孔信号相减获得“虚光蒙版信号”,再与分色信号叠加,修正图像的清晰度;底色去除/灰成分替代/黑版计算都与颜色中灰成分有关,通过计算,达到去除彩色油墨,增加黑油墨的目的。

全数字式电分机的颜色校正是通过“颜色查表法”完成的,用原稿扫描来的红、绿、蓝数字图像信号(代表了原稿的颜色),在一个存储器内查出与原稿色对应的、能正确复制该颜色的青、品红、黄、黑一组分色图像信号值(代表了印刷的颜色)。只要“颜色对应表”里的数据是正确的,图像的颜色就得到了校正。同理,层次校正也可以用“层次查表法”实现。用分色信号到“层次曲线表”存储器里查出正确的阶调值,就达到了阶调层次校正的目的。底色去除/灰成分替代也在两个“数据对应表”里完成。上述的“颜色对应表”和“层次曲线表”都是在定标时调整好的,电分机运行时,只进行查找数据的工作。清晰度强调处理采用专门的数字计算电路,也以数字化形式进行。

3. 比例计算机的工作方式

比例计算机是专门做图像尺寸缩放控制的,它由行存储器和多个分频器组成。图像缩放有横向和纵向两种,用不同的方法实现。

① 横向缩放 依靠扫描头和记录头横向移动速度不同来实现,可以用

$$\frac{\text{记录头横移速度}}{\text{扫描头横移速度}} = \text{横向缩放倍率}$$

来表示。

② 纵向缩放 依靠两个途径实现,第一是改变扫描滚筒和记录滚筒的直径比值,第二是改变图像信号存入和读出行存储器的频率快慢。分别可以用

$$\frac{\text{记录滚筒直径}}{\text{扫描滚筒直径}} = \text{纵向缩放倍率 1}$$

$$\frac{\text{图像数据存入频率}}{\text{图像数据读出频率}} = \text{纵向缩放倍率 2}$$

以及

$$\text{纵向缩放倍率} = \text{纵向缩放倍率 1} \times \text{纵向缩放倍率 2}$$

来控制图像的纵向缩放倍率。

根据操作者要求的缩放倍率和所用的滚筒直径,比例计算机通过计算产生控制信号,控制扫描头及记录头的横向移动的速度、图像数据存入及读出行存储器的频率,达到图像缩放

的目的。

4. 网点计算机的工作方式

网点计算机是为产生网点曝光控制信号而设置的。印刷图像需要用网点再现，而电分机用激光记录网点时，只有“曝光”和“不曝光”两种状态，它对应软片原版上的“有网点的图文部分”和“无网点的空白部分”。因此，把分色图像信号转换成具有不同面积率、角度、线数和形状的网点，是电分机必须完成的任务。

数字化的电子加网技术起源于电分机，其基本原理是：将分色图像信号与一个“数字化电子网屏”的信号做比较，按比较的结果决定曝光或不曝光的状态。如图 5-8 所示。

如果分色图像信号值为 39，用该数据与数字网屏 [见图 5-8 (a)] 内的各个数据比较，凡是数字网屏数据大于图像信号值 (39) 的位置，就控制激光对软片“曝光”，否则就“不曝光”，这样，用激光曝光所生成网点如图 5-8 (b) 所示。可见，分色图像信号值不同，生成的网点面积 (率) 也就不同。通过网点计算机的计算和控制，同样能够产生角度、线数、形状精确的网点，网点计算机通常同时产生多路控制信号，用来控制多束激光对软片曝光。

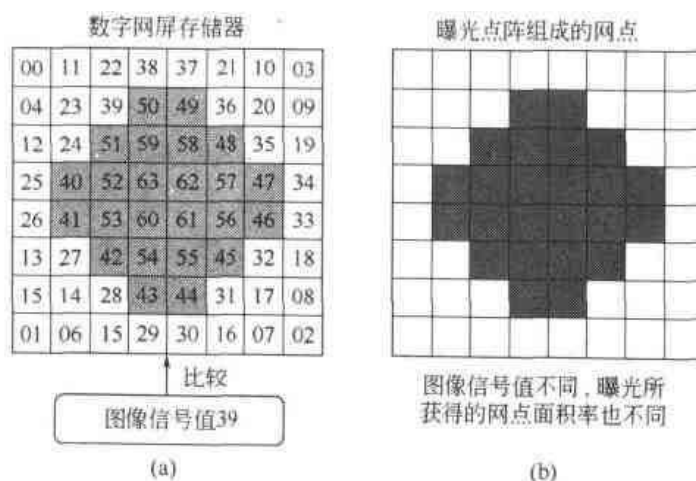


图 5-8 电子加网的基本原理

五、电分机分色片记录输出单元的工作原理

电分机的分色片记录输出单元是加网图像记录设备。现介绍它的图像记录工作方式和原理。

如图 5-3 所示，在一个合金制造的金属滚筒上，采用真空吸气的方法将软片吸附在滚筒外壁上。在滚筒高速旋转的过程中，记录头上的多束激光对软片曝光，一圈曝光完成后，记录头做横向步进移动，再进行下一圈的曝光，直到整个分色片曝光记录完成。

激光器发出一束激光，经过分束装置分成多束，通常为 6 束至 10 束。每一束激光都要受到一个激光调制器的控制，而激光调制器又受网点计算机多路加网信号的控制。实际上，每一束激光都受到一路网点计算机加网信号的控制，才能正确地进行网点的记录工作。

经过调制的多束激光由多条光纤传送到记录头上，记录头上的光学镜头把多束激光精确地成像在软片上，完成网点曝光记录的任务。

电分机分色片记录输出单元的结构和工作方式逐渐被应用到激光照排机的开发制造上，形成了彩色桌面出版系统中常见的“外滚筒式激光照排机”。

六、栅格图像处理器

1. PostScript 语言与栅格图像处理器 (RIP)

(1) RIP 的基本作用 RIP 是将排版软件用 PostScript 语言描述的页面内容转化为高分辨力图像的工具,称为页面的栅格化;形成的图像可以由激光打印机或照排机等设备在纸张或胶片上输出。因此,RIP 是电子出版系统的核心部件。一个桌面系统的开放性、输出质量和输出速度在很大程度上由 RIP 来决定。

排版软件产生的页面图文描述信息由计算机赋予不同的特征,这类软件根据用户的操作记住这些特征,将有关数据按不同的规则排列。在输出时,RIP 读出页面上的图文数据,并根据对象性质的不同作不同的处理和解释,还原成对应的页面点阵信息,生成最终的页面并控制照排机或打印机输出。照排机或打印机接收到 RIP 发送来的点阵信息,把一个整版的图像和文字记录在胶片或纸张上,使之转换成页面实体。

由 RIP 根据页面描述数据生成的网点质量和算法效率是制作高质量输出图像的关键,在解释整个版面的图文数据时要求有很高的执行速度。

(2) PostScript 语言 页面上的图文信息需要有一种统一的方式来描述,这样,在不同计算机硬件平台上,甚至在不同软件中产生的文件既能相互交换,也能使照排机和 RIP 的制造厂商有共同的标准可循。一个标准的 PostScript 文件(它的后缀为 .PS),均能在任何符合 PostScript Level 2 标准的 RIP 上生成点阵信息并在激光照排机或中高档的打印机上输出。因此,PostScript 是开发和制造 RIP 的基础,现在桌面系统中的 RIP 都必须符合 PostScript Level 2,否则就不能生存。从 PostScript 字面上看,这是一种后缀式的语言(操作数在前,操作符在后),这是它与其它高级程序设计语言的最大区别。PostScript 有双重作用,作为一种通用程序设计语言,PostScript 与其它高级语言一样,也能用于编程,具有类似的语法结构;但 PostScript 更重要的作用是高质量地描述页面内容,包括图形和图像的描述、图像与文字的轮廓处理、色彩填充、图文的点阵还原和图像的加网处理等,这是其它高级语言所不能比的。

PostScript 对字体的描述也是高质量的,文字的轮廓用 Bezier 三次曲线描述,可无级缩放,即无论缩放到何种比例,其轮廓总是光滑的。它是 Windows 的两种可缩放字体之一,但使用时需装载 Adobe Type Manager。与 Windows 的另一种可缩放字体 TrueType 相比,它的质量要更高些。

2. 页面定义与输出

PostScript 语言的本质是把复杂的页面生成过程分解成页面描述和页面输出两个相对独立的步骤完成。

(1) 页面描述 由用户利用 PostScript 语言提供的文字、图形和图像功能将需要的页面描述出来,页面描述可分解为图文准备与图文合成两个步骤。图文准备包括图像输入与处理、图形设计与制作、文字输入与编辑等过程,这些过程由图像处理、图形制作和文字录入程序实现;图文合成操作指用排版软件对准备好的“原材料”作图文合一处理,定义成符合客户要求的页面。除图像外,页面上所有其它对象的描述用抽取图形实体的方法进行,它们是与设备无关的。

桌面系统的最大优点在于操作者不必自己用页面描述语言编程以及直接通过编程来定义页面及页面内容。桌面系统的操作人员在实施图像处理、设计图形和排版时利用鼠标和键盘完成操作,但感觉不到自己正在进行 PostScript 语言编程。这是由于用户的鼠标和键盘操作

由软件捕获后转换成 PostScript 代码,这一过程由软件实时、自动地完成。因此,桌面系统的操作人员即使不懂页面描述语言,也能做复杂的编程工作。

(2) 页面输出 当需要把页面内容输出到某种介质上时,这种操作就与设备有关。图像、图形和文字在实际页面上的还原过程与定义页面相比要复杂得多,需要页面描述语言解释器(RIP)来实现。

由于图像类型的不同,RIP 对图像的加网处理也需采用不同的方法。对二值图像,考虑到每个像素的取值只有两种情况,此类图像的分辨率应该取得足够高,输出时一个像素对应记录设备的一个激光点。对灰度图像(包括多色调图像)和彩色图像,RIP 要完成的主要任务是把像素转换为网点。为此,首先需根据指定的加网线数和输出设备的记录精度确定网目调单元的大小,并将固定大小的网目调单元沿加网角度方向放置到输出设备的记录平面上,然后按像素值和指定的网点形状调用网点函数在每一网目调单元内控制照排机曝光成像,得到需要的网点。对网点本身而言,要求曝光成像的网点边缘光滑,与理想形状越接近越好;在图像各色版的实地区域,输出结果应该有足够高的密度;对于输出设备的非线性效应还需要用传递函数补偿,得到合乎使用要求的网点。

图形输出的主要问题是完成光栅化操作,需要把用数学方法定义的图形轮廓转换成点阵表示。这种转换按输出设备的分辨率进行,它不同于图像的网点化操作。对于图形轮廓范围内的填充,需根据指定的填充内容进行。如果填充的是实地的颜色,则问题比较好办,只需指令照排机将轮廓内全部涂黑就可;若填充的不是实地颜色,则需要按颜色的深浅填入相应面积的网点,特点是所有网点的大小相同;对颜色的渐变填充,处理方法与图像的加网基本相同,需要用面积变化的网点来模拟颜色的变化。

文字输出时,轮廓的转换和内部填充与图形输出相似。特殊的地方是对字符笔画的控制,需要按字体的控制信息在栅格化时调整笔画的粗细,得到基本一致的线宽。尤其是对小字,要求不出现断笔和笔画合并现象。页面描述和页面输出这两个过程可以在不同时间、不同地点完成,它们是两个完全独立的过程。二者比较,RIP 的还原质量和效率将是页面描述语言生成高质量输出的关键。

3. RIP 的类型与性能

桌面系统中的 RIP 按结构特点可分为硬件 RIP、协处理器式 RIP 和软件 RIP。计算机 CPU 的运算速度对 RIP 技术的发展有很大的影响。对于速度较慢的主机,采用硬件 RIP 或协处理器式 RIP 是一个很好的方案。随着计算机处理速度的加快,软件 RIP 逐渐成为 RIP 发展的主流。

(1) 协处理器式 RIP 不同 RIP 开发商生产的 RIP 在结构上各不相同。在 RIP 发展的早期,图形的扫描转换和图像的彩色加网过程是 RIP 处理速度的瓶颈所在。算法的优劣固然可以改善处理速度,但余地总是有限的,在许多情况下仍然不能满足要求。为此,不少软硬结合的 RIP 采用了专用芯片。

北大方正早期开发的 RIP 是专用协处理器支持下的软件 RIP,带有高速的字形和图形生成加速芯片,加快了中文字形的生成速度。

(2) 硬件 RIP 硬件 RIP 的特点是带有专门的页面点阵存储器并配备专用计算机,故处理速度快。但制造成本高,修改和版本升级代价大,支持多种不同外设有困难。

硬件 RIP 的主要优势是它的处理速度和工作稳定性。由于硬件 RIP 配有专用计算机,它专门用来解释 PostScript 指令,实现页面内容的栅格化操作,不做其它工作。因此,硬件

RIP 不可能发生冲突和崩溃。与 RIP 配用的计算机比桌面系统的其它工作站性能要高一些,故硬件 RIP 的工作速度往往是很快的。

(3) 软件 RIP 软件 RIP 相当于桌面系统中的一个应用程序,它的处理速度完全取决于计算机的速度。软件 RIP 具有修改和版本升级方便、比较容易实现支持多种外设、速度可随主机速度的提高而自动提高、能及时对各种新的技术作出反应、可以后端加网等优点。

软件 RIP 的主要优势体现在成本上。由于软件 RIP 依附在桌面系统中,因此可以用同一台计算机从事别的工作,只要不同时使用 RIP 就可。当需要启动 RIP 输出时,可重新设置参数,再启动 RIP 输出。

随着新型高速通用计算机的出现,软件算法越来越先进,软件 RIP 的处理速度越来越快,支持的中文字体更多,对外设的支持及版本升级更方便,因此软件 RIP 已取代了硬件 RIP。

第三节 桌面系统的 RIP 和激光照排机的工作方式

当文字输入排版、图形绘制、图像扫描、图像修正和创意、图文组版等处理完成以后,图文信息已经按照页面组织起来。随后就进入到图文信息输出阶段。在这个阶段中,需要按顺序完成以下三项任务,①通过软件的“打印”功能,形成计算机的页面描述,也就是生成 PostScript 页面描述语言,送往栅格图像处理器(RIP);②通过 RIP,将页面描述语言翻译成记录输出设备能够执行的指令和记录数据;③通过记录输出设备将图文信息记录到软片或者印版上。

一、记录图文信息的形态

按照印刷工艺方法的不同,印版上图文信息的状态是不同的。平版和凸版上,仅有图文部分和空白部分的两种不同状态,因此,用于图文记录的信息也只有两种状态,通常在计算机系统中,用数字“0”、“1”予以区分。在图 5-9 中可以看到,无论是文字还是图像,要记录成平版或凸版,就必须将其处理成“0”、“1”信息,用此信息驱动记录设备,即可在感光材料上曝光得到所需的图文。

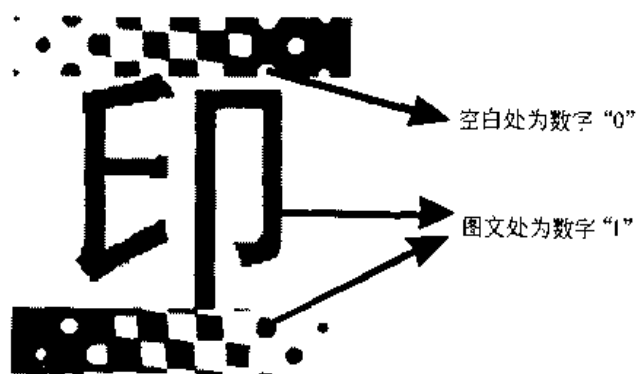


图 5-9 平版和凸版图文与数字信息的关系

对凹版而言,印版上不仅有图文和空白的区别,还有图文的深浅不同的区别。因此,记录凹版的图文信息在计算机内应该用多位“0”、“1”表示的。用此多位“0”、“1”信息驱动电子雕刻机,就可以得到凹版上有凹下深度不同的图文网穴。凹版记录信息和凹版版面的图文状态如图 5-10 所示。

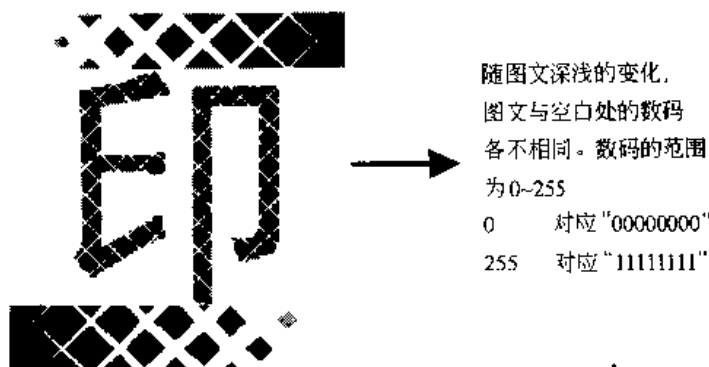


图 5-10 凹版记录信息和凹版版面的图文状态

二、图文记录输出设备

在桌面出版系统当中，目前最常用的图文记录输出设备有激光照排机、激光打印机和喷墨打印机。其中，激光打印机和喷墨打印机主要用于图文页面的校对和打样；而激光照排机则用于图文合一加网分色片的记录输出。

1. 激光打印机的工作方式

激光打印机的一般工作方式如下。将页面上所有需要打印的黑白点阵图文信息用“0”、“1”信号表示，用此信号控制激光束的通断，扫描已经充电的光导鼓，在光导鼓见光的位置上（空白位置）电荷消失，而其它部位的电荷保留下来，就生成了页面图文的电荷图像。在用墨粉显影时，鼓上保留有电荷的部位吸引墨粉，而其它部位则不能黏附墨粉，形成图文的墨粉图像。将墨粉转移到纸张上，并经加热使墨粉熔化并固定在纸张上。

喷墨打印机的打印头上装有墨盒和加热元件。墨盒中的墨水在常温下是液态的。在打印时，打印头的加热元件把墨水急速加热到沸点，由此产生的墨滴在沸腾压力作用下从喷嘴中喷出，墨滴随即附着在纸张上。页面图文的深浅决定了加热元件的加热温度，也就决定了喷到纸张上的墨量大小。

2. 激光照排机的工作方式

激光照排机是一种具有高分辨率和高精度的设备。它的任务是使用激光，将 RIP 送来的黑白点阵信息曝光记录到软片上。由于图文分色片上只有图文和空白两种状态，因此 RIP 送来的信息只有“0”和“1”两种，其中“1”代表激光对软片曝光；而“0”代表激光不对软片曝光。激光照排机接收到此“0”或“1”的信号后，就可以控制激光对软片进行正确的记录曝光了。

激光照排机有三种不同的结构，分别是外鼓式、内鼓式和绞轮式。现分别对其工作方式进行简单的介绍。

外鼓式激光照排机的结构如图 5-11 所示。它安装有一个可以高速转动的记录滚筒。感光软片贴在滚筒的外壁上，随滚筒一起转动。在滚筒对面一侧的丝杠上，安装了激光曝光记录头。记录头上装备了并排的多束激光。在图文记录的过程中，滚筒旋转一圈，多束激光同时对软片曝光一周；随后，记录头横向移动一段距离，进行下一圈的曝光记录，直到整个软片的图文记录曝光完毕。

与外鼓式激光照排机不同，在内鼓式激光照排机上，软片被吸附在滚筒的内壁上静止不动。滚筒内部装有激光记录装置，它包括激光器和高速转镜。激光器发出的一束激光照射到转镜的斜面上，并随镜面的转动反射到软片表面，形成一条曝光线。随后，记录装置移动一

条线的距离，进行下一条线的曝光记录，直到所有图文页面记录完毕（见图 5-12）。

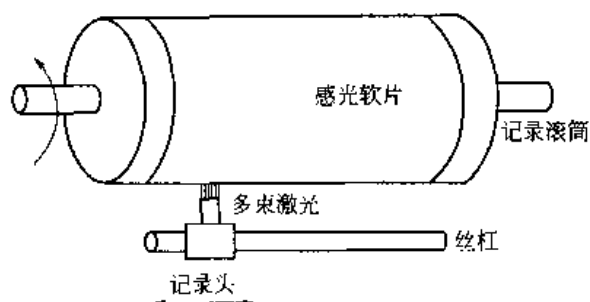


图 5-11 外鼓式激光照排机的结构

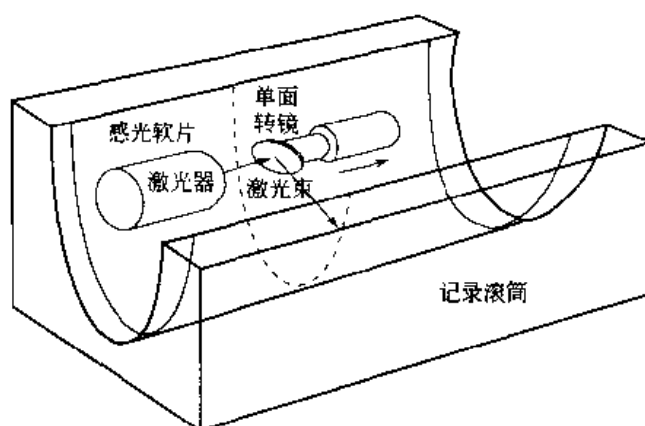


图 5-12 内鼓式激光照排机的结构

在绞轮式激光照排机上，软片卷在一个滚筒外面。激光位于滚筒的下方，并对滚筒上的软片曝光。一行的曝光完成后，软片随滚筒卷动，激光对软片进行下一行的曝光。绞轮式激光照排机工作在一种“边卷动、边曝光”的状态下（见图 5-13）。

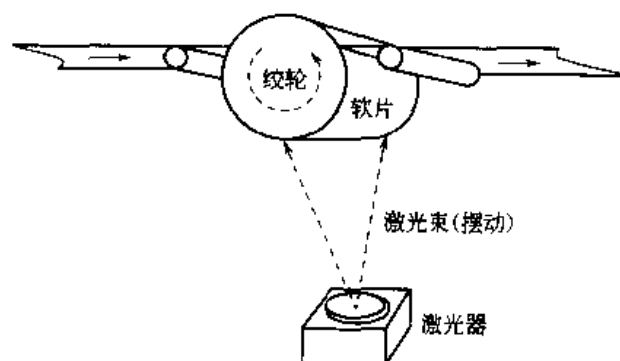


图 5-13 绞轮式激光照排机的结构

一般来讲，外鼓式和内鼓式激光照排机的记录分辨率和重复精度很高，这对分色片的成像质量和四色版的套准十分有利。绞轮式激光照排机的重复精度稍低一些，但也可以满足中等品质的图文记录输出要求。

第六章 加网工艺

第一节 传统加网方法

原稿上的图像,若从高光到暗调部分以连续密度形成的浓淡层次叫连续调,例如照片、国画、油画等。在绘图的时候,可以通过墨层的厚薄来反映画面图像的浓淡层次,但在印刷时墨辊是将一层均匀的墨层转移到印版上的,印刷品的图像不能以印版各个部分的墨层厚薄来印刷出图像的浓淡层次。为此,必须将原稿的图像分割成许多小点子,这些小点子有组织地均匀排列,在人们的视觉中就呈现出一幅完整的、有明暗层次变化的图像。由网点反映浓淡层次变化的图像称为半色调图像,连续调图像原稿必然印刷复制出半色调的印刷品,这个工艺过程称为加网工艺,这是目前普遍采用的印刷复制方法。因为印刷工艺决定了印刷只能采用网点再现原稿的连续调层次,一张印刷的图像若放大看,就会发现是由无数个大小不等的网点组成的。网点大小虽然不同,但都占据同等大小的空间位置,这是因为原稿图像一经加网以后,就把图像分割成无数个规则排列的网点,即把连续调图像信息变成离散的网点图像信息。网点越大,表现的颜色越深,层次越暗;网点越小,表现的颜色越浅,层次越亮。每个网点占有的固定空间位置大小是由加网线数决定的,例如,加网线数为150 lpi,则在1 in (0.0254m) 的长度或宽度上有150个网点。网点空间的位置和网点大小是两个不同的概念,例如C50%代表的含义是网点大小占网点空间位置的50%;100%是指网点大小全部覆盖网点空间位置,即印刷中所称的“实地”;0由于没有网点,只有网点空间位置,所以这块地方就没有油墨被印上。显然挂网目数越大,网点所占空间位置越小,能描述的层次就越多,越细腻。事实上,原稿的层次和色彩就是通过这种挂网的方法被再现出来的。

一、网点的意义和作用

1. 网点

网点(Dot)是构成印刷图像的基础,是表现连续调图像层次与颜色变化的基本单元,它起着传递版面阶调的作用。网点的状态(大小和形状)和行为特征将影响到最终的印刷品能否正确地还原原稿的阶调和色彩变化。

(1) 定义 网点一词按我国GB 9851.6—1990《图像制版术语》的解释为:组成网点图像的像素,通过面积和(或)墨量变化再现原稿浓淡效果。可见,对原稿加网的结果是使连续调图像某一小区域的平均亮度转化为一个网点,而大小不同的网点构成了网目调的图像。因此,在传统加网方法中,正是加网过程完成了原稿的离散化,它与现代技术中原稿数字化时的离散有异曲同工之妙,区别在于传统加网过程是用模拟方法实现原稿的离散化的。

(2) 连续调原稿数字化的离散过程 在数字图像中,连续调的原稿在数字化时被划分为一个个的小方块,这些小方块的平均亮度值通过光电转换元件转换为电流(或电压)值,再由模/数转换器量化为数字信息。原稿中的每一个小方块对应着数字图像中的一个像素,量化后的数字即为该像素的像素值,所有的像素值由计算机作有序排列,这样得到的图像称为数字图像。

(3) 传统加网图像的宏观感觉 传统加网过程完成后, 连续调的原稿被变换成网目调的图像。此时, 像素值用网点面积的大小表示。像素值越高(亮), 网点百分比越低; 像素值越低(暗), 网点百分比越高。从微观上看, 加网图像是不连续的。但从宏观上看, 当网点发生面积大小的变化时, 根据光的加色法原理, 人眼视网膜中得到的是网点反射后的综合感觉, 即加网后的图像在人的视网膜中产生的综合效果是颜色和层次的逐渐变化。当图像画面由无数个面积不等的网点组成时, 肉眼观察到的将是有明暗层次变化的画面, 但这种画面的网点只是改变了自身的面积, 而没有改变网点在单位面积内发生的数量, 因此称之为调幅网点。此外, 为了表示加网图像与连续调原稿(图像)的区别, 习惯上将加网得到的图像称为网目调(Halftone)图像。

网点是在任何二值设备上表现连续调图像明暗和层次变化的必要手段。前面已经提及, 电视机和计算机显示器屏幕表现彩色画面是间接地用电流(电压)大小的变化实现的。印刷机是一种典型的二值设备, 它用在纸张上着墨和不着墨的方法复制原稿, 要在这样的二值设备上表现有明暗和层次变化的图像, 必须找到一种合适的方法, 传统复制工艺用网点的大小变化来复制原稿, 很好地解决了这一问题。

2. 网点的作用

网目调图像从微观上看, 颜色和层次的变化是不连续的, 但网点是极小的点。例如, 当用正方形网点以 150 线/in(lpi) 印刷时, 一个 100% 的网点边长为 0.17mm, 而 50% 的网点则为 0.085mm。由于人眼的分辨能力是有限的, 在正常视距下, 这样小的点人眼根本无法分辨。根据色光的加色法原理, 在视网膜中仅产生某种综合后的色觉, 即网点大的区域颜色深, 网点小的区域颜色浅。因此, 在宏观上, 加网印刷后的图像又是连续的, 网目调的名称即由此而得。

网点是表现色彩浓淡变化的基础, 其作用可大体归纳为:

- ① 网点起着表现原稿阶调的作用, 它使连续调的图像离散为网点群的组合;
- ② 网点是可以接受和转移油墨的单位, 从这个意义上说, 网点的大小起着调节油墨量大小的作用;
- ③ 网点在印刷效果上起着组色的作用, 在四色印刷中, 画面上的每一种色彩都是由青、品红、黄和黑四色网点以不同比例配合而成。

二、网点形状

网点可以有不同的形状。网点形状是指单个网点的几何形状, 即网点的边缘形态或 50% 网点所呈现的几何形态。在传统加网技术中, 网点形状由相应的网屏结构决定。不同形状的网点除了具有各自的表现特征外, 在图像复制过程中还有不同的变化规律, 会产生不同的复制效果, 并影响对复制结果的质量要求。传统加网方法使用的网点形状有正方形、钻石形(菱形)、圆形、椭圆形、双点式等; 在现代数字加网技术中, 可选用的网点更多。下面是对常用网点形状及其特性的说明。

1. 正方形网点

当选用正方形网点复制图像时, 则在 50% 网点处黑色与白色刚好相间成棋盘状, 很容易根据网点间距判别正方形网点的相对面积百分率, 它对于原稿层次的传递较为敏感。图 6-1 所示为常见网点形状。

网点形状的最终形成与制版和印刷工艺密切相关。正方形网点在 50% 网点百分率处才能真正显示出它的形状, 当超过 50% 或小于 50% 时, 由于网点形成过程中受到光学和化学

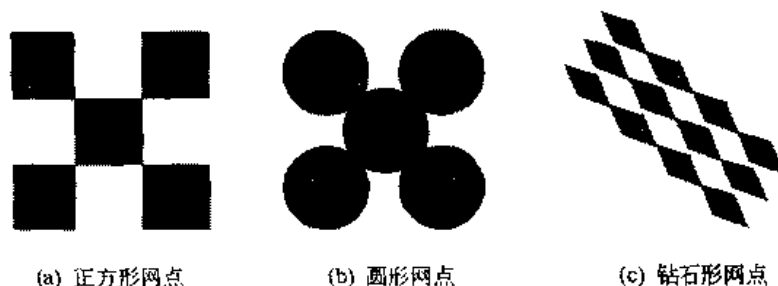


图 6-1 常见网点形状

的影响，在其角点处会发生变形，结果是方中带圆甚至成为圆形。在印刷时，由于油墨受到压力作用和油墨黏度等因素的影响会引起网点面积的扩张。与其它形状的网点相比较，正方形网点在 50% 的面积率处扩张系数是最高的。产生这一现象的原因是，正方形网点的面积率达到 50% 后，网点与网点的四角相连，印刷时连角部分容易引起油墨的堵塞和粘连，从而导致网点增大。

2. 钻石形网点

钻石形网点又称菱形网点。通常，菱形网点的两根对角线是不相等的。因此，除高光区域的小网点呈独立状态、暗调处菱形的四个角均连接外，画面中大部分中间调层次的网点都是长轴间互相连接，短轴处不相连，形状很像一根根链条，故又把菱形网点称为链形网点。用菱形网点表现的画面阶调特别柔和，反映的层次也很丰富，对人物和风景画面特别合适。

当网点面积率大约为 25% 时发生链形网点长轴的交接（称为第一次交接）；接下来是短轴的交接，它大约发生在 75% 网点面积率处。由于网点增大是不可避免的，因此菱形网点会在 25% 和 75% 两处产生阶调跳跃。但是，由于菱形网点的交接仅在两个顶角发生，这样产生的阶调跳跃要比正方形网点四个角均相连时缓和得多。由此可见，用菱形网点复制图像时印刷阶调曲线较为平缓，在 30%~70% 的中间调范围内表现得特别好。因此，菱形网点适合于复制主要景物为人物的原稿。

3. 椭圆形网点

这种网点与对角线不等的菱形网点类似，区别是四个角不是尖的，而是圆的，因此不会像对角线不等的菱形网点那样在 25% 网点面积率处交接。此外，在 75% 网点面积率处也没有明显的阶调跳跃现象。

4. 圆形网点

在同面积的网点中，圆形网点的周长是最短的。当采用圆形网点时，画面中的高光和中间调处网点均互不相连，仅在暗调处网点才互相接触，因此画面中间调以下的网点增大值很小，可以较好地保留中间调层次。

相对其它形状的网点而言，圆形网点的扩张系数较小。在正常情况下，圆形网点在 70% 面积率处四周相连。一旦圆形网点与圆形网点相连后，其扩张系数将会很高，从而导致印刷时因暗调区域网点油墨量过大而容易在周边堆积，最终使图像暗调部分失去应有的层次。

综上所述，圆形网点因表现暗调层次的能力较差，在使用上受到一定的限制。在通常情况下，印刷厂往往避免使用圆形网点，特别是采用胶版纸印刷时。但是，如果要复制的原稿画面中亮调部分较多，暗调部分较少时，采用圆形网点来表现高、中调区域层次还是相当有

利的。

图 6-2 (a) 是用 Photoshop 的钻石形 (菱形网点的特例) 网点制作成的, 其大小从 0 渐变到 100%, 加网线数 10 lpi。图 6-2 (b) 是用 Photoshop 的椭圆形网点制作成的从 0 渐变到 100%。图 6-2 (c) 是用 Photoshop 的圆形网点制作成的从 0 渐变到 100%。

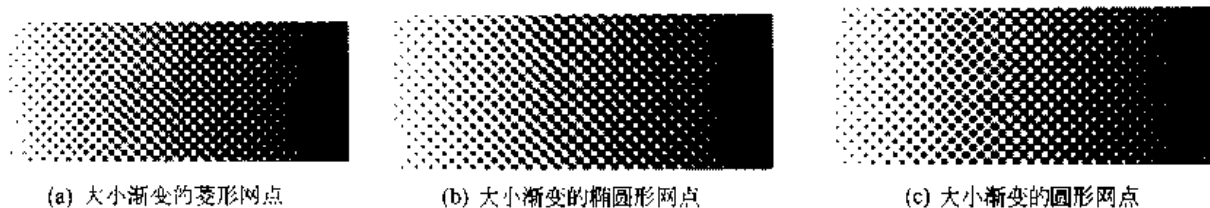


图 6-2 网点的渐变

5. 双点式网点

这样的网点类型通常用于称为多分辨率加网 (Multiple Resolution Screening) 的场合, 由两种不同特性和点形的网屏叠加在一起而成。不同大小网点的组成方式为: 两个大网点中间嵌入一个小网点, 或四个小网点中间嵌入一个大网点。多分辨率加网方式力图在最小网点尺寸、动态范围和加网规格间权衡。为了在一定的限制条件下获得满意的结果, 制版工作者提出了不少建议, 双点式网点就是这样提出来的。当网点较小时 (即在高光和暗调区域) 拉开它们的距离, 而在中间调区域则使网点距离拉近。

双点式网点又称为卫星式网点或子母网点, 特点是画面暗调处小网点虽然已经合并但大网点仍能变化, 中间调用大小网点表现层次, 因此画面的暗调和中间调均很丰富; 在高光处小网点已消失, 但大网点还存在, 虽然网点数量是少了点, 不过网点结实、光洁、完整, 对高光的表现均匀、柔和。

6. 特殊形状网点

从技术的角度考虑, 改变和选择不同的网点形状是印刷适性的需要。但为了满足艺术品复制、广告宣传和特殊情趣的需要, 有时也使用特殊形状的网点 (或称艺术网纹), 借以增加画面的艺术气氛, 获得特定的艺术情趣, 产生常规网点无法产生的特殊复制效果。常用的艺术网纹有同心圆网纹、水平波浪形网纹、水平线形网纹、垂直线条形网纹、交叉十字纱布形网纹、砂目形网纹和墙砖形网纹等。

不同的网点形状对印刷过程中产生的网点增大会有不同的影响。通过实验得到的结论是, 最佳的网点形状应该是有规律的链条状结构, 在高光和暗调部位为圆形网点, 而在中间调部位为椭圆形网点。

三、网线角度和角度差

1. 网线角度

网线角度又称加网角度。国家标准 GB 9851.6—1990《图像制版术语》对网线角度的解释为: 网点中心连线与水平线的夹角。常用网屏用纵横交叉的十字线条来分割图像, 原稿被分割后成为由网点组成的网目调画面, 故网点的排列是有规律的。

网线角度是表示网点排列方向的值, 是网点中心连线与水平线的夹角, 一般按逆时针方向测得的角度就是该加网结构的网线角度。网点的排列结构由相交 90° 的纵横两列方向组成, 因此 30° 的网线角度与 120° 、 210° 和 300° 是一回事。为了简便, 仅在第一象限表示网线角度, 即从 $0^\circ \sim 90^\circ$ 表示网线角度, 其中只有 0° 和 90° 是相等的, 它们表示同一种网点排列方向。

在第一象限表示网线角度有一个例外，这就是菱形网点（链形网点）与椭圆形网点。由于菱形网点与椭圆形网点在纵向和横向的网点形状不同，这样的网点排列时在一个方向由长轴对角线连接，另一个方向则由短轴对角线相连接（见图 6-3），只有相差 180° 的两列方向才能算是完全一致的。因此，菱形网点的排列方向可以在 180° 内表示。

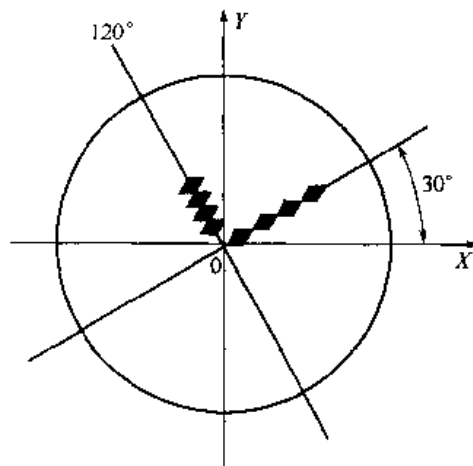


图 6-3 菱形网点的排列方向

2. 网线角度对视觉效果的影响

当网线角度为 0° 时人眼能看清每个网点排成的行；当网线角度为 15° 时可能会看得更清晰；当网线角度为 45° 时，大脑引起的混乱使人眼对行的印象变得模糊，点还能看得见，但线看不出来，这就是为什么黑白图像的网点总是设在 45° 的原因。通常认为，

45° 的网线角度对视觉最舒服，表现稳定而不呆板，是最佳的网线角度； 15° 和 75° 次之，它们虽不够稳定，但也不呆板； 0° （ 90° ）的视觉效果最差，它虽然也稳定，但最呆板，这就是为什么在四色印刷中要把黄色安排在 0° 的原因。

四色分色技术在传统手工加网方式的生产过程中积累了丰富的经验，总结出称为“常规网线角度”的最佳组合，其中三个主色青、黑和品红互成 30° ，即青版用 15° ，黑版用 45° ，品红版用 75° ，但这不是一成不变的，需根据原稿特点组合安排。

3. 网线角度差

前面已经介绍过， 45° 的网线角度是最理想的角度，那么为何在四色印刷中要对各色版采用不同的角度呢？对每一色版均采用 45° 岂不更好？从现有印刷条件看，即从印刷材料的性能、印刷机的精度、印刷工艺的控制手段等各方面看，无法实现所谓的“同角度印刷”。

网线角度按上面介绍的三个主色相差 30° 排列，而将黄版安排在 0° 的主要原因是：当两种或两种以上不同角度的网点套印在一起时会产生因遮光和透光作用引起的条纹（Moire），俗称龟纹，它对人眼观看印刷品造成干扰，是需要避免的。理论计算和实验证明，当两套印版的网线角度差为 30° 时，龟纹看起来不再干扰人的眼睛，因此四色印刷时的三种强色应该各自相隔 30° 。

4. 网线角度的合理选用

合理地选择网线角度要考虑的主要问题是避免在四色印刷过程中因相同频率的网屏相互叠印而出现龟纹。通常，对于各向同性的网点（如正方形、圆形网点）取小于 90° 的网线角度，对各向异性的网点（如菱形和椭圆形网点）则宜取与长轴同方向的网格中心点连线方向。

对四色套印各色版理想的网线角度差均采用 30° ，但在 90° 内是无法做这样的安排的。最普遍使用的网线角度是 0° 、 15° 、 45° 和 75° ，棘手的问题是如何安排各色版，这可以从下述两个方面考虑。

（1）黄版宜安排在 0° 青、品红、黄、黑四种油墨中，对光的反射系数各不相同，其中以黄墨为最大，品红油墨和青色油墨次之，黑色油墨最小，故将黄色称为弱色，而将青、品红和黑色称为强色。反射系数越大的颜色越接近白色（纸张颜色），不容易被眼睛所察觉。弱色网点组成的条纹不易显示，因此通常将黄色版安排在 0° （或 90° ），而 15° 、 45° 和 75° 则安排青、黑和品红。将最佳的 45° 网线角度安排给哪一色版需根据原稿的内容和特征来

决定。

(2) 画面主色宜安排在 45° 在彩色印刷中, 45° 网线角度应安排给最主要的色版, 而 15° 和 75° 则安排给其它两个强色。下面给出的几个例子可以作为安排网线角度的参考。

① 普通场合 在通常情况下, 可将黄、青、黑和品红分别安排在 0° 、 15° 、 45° 和 75° , 其中黑色起着骨架的作用。

② 暖色调为主的原稿 对以黄色和品红色为主的原稿 (例如以人物为主的暖色调原稿, 而部和肌肤颜色十分丰富, 且多数居画面的中心地位), 可将上述网线角度安排中的黑色与品红对调, 即黄版为 0° , 青版为 15° , 品红版为 45° , 而黑版调整到 75° , 此时的品红和黄相差 45° , 不易产生明显可见的龟纹。这一网线角度安排的特点是: 首先, 暖色调画面中最主要的品红占据了最佳网线角度; 其次, 品红避开了与黄相隔 15° , 这样在浅色区域不会产生明显可见的条纹。

③ 冷色调为主的原稿 对以冷色调为主的原稿 (画面上有大面积的绿色, 例如草地、树木等), 青色是画面中的主要颜色, 它在整个画面中起着控制全局的作用, 可以将各色版安排为黄 0° 、品红 15° 、青 45° 、黑 75° ; 或将例①中的黑色与青色对调, 即黄 0° , 黑 15° , 青 45° , 品红 75° 。

如果原稿画面中既有皮肤色, 又有绿色, 办法是青、品红和黑三个色版不变, 提高黄版的密度, 使产生龟纹的频率低于视觉阈值。

四、加网线数及其选择

1. 加网线数

加网线数又称网目线数或网点频率 (Screen Frequency), 它以单位长度内的网点个数度量, 与物理中频率的概念对应。常用加网线数计量单位为线数/英寸 (lpi) 或线数/厘米 (l/cm)。

在进行彩色复制时如何选择加网线数主要由视距来决定, 因为在不同的观察距离下观看同一印刷品时, 其层次在人眼中的反应是不同的。一般的规律是视距近时网点要细, 视距远时网点可粗些。

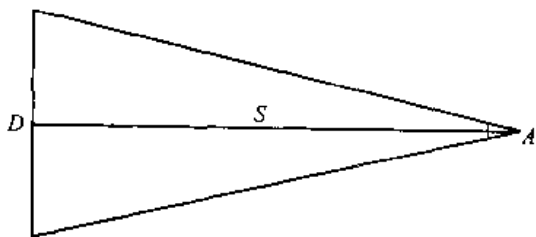


图 6-4 人眼最小可分辨距离

2. 加网线数与视距

这是由人的视觉敏锐度决定的, 视觉敏锐度指的是人眼恰能分辨出的两点对人眼所张的视角的倒数。正常人视角一般为 $1'$ 左右, 如图 6-4 所示。考虑到正常视距为 250mm, 在明视距离下,

人眼的最小分辨距离是 $D = 250 \times 2.91 \times 10^{-4} = 0.073\text{mm}$ 。当印刷品中的网点间距小于此距离时, 人眼就无法分辨。因此网点构成的图像就被当作了连续的图像。

3. 加网线数对印刷质量的影响

用相同加网线数印制出来的图像, 相同面积内的网点数量是一定的, 只是大小不同。但用不同加网线数表现同一幅图像时, 则会有不同的效果。通常, 加网线数越大, 网点就越小, 能够表现的图像层次就越丰富。图 6-5 为在同一幅图像上采用不同加网线数加网后的效果。

从理论上讲, 网线越细, 印刷品能表现的层次和细节就越多。但按我国目前操作人员所掌握的专业知识、操作技能和大多数印刷厂的设备及工艺水平, 当加网线数超过 200 lpi 时

就很难印了。如果选用了较高的加网线数，应该同时选用质量最好的铜版纸、颗粒最细的油墨和分辨率最好的 PS 版。

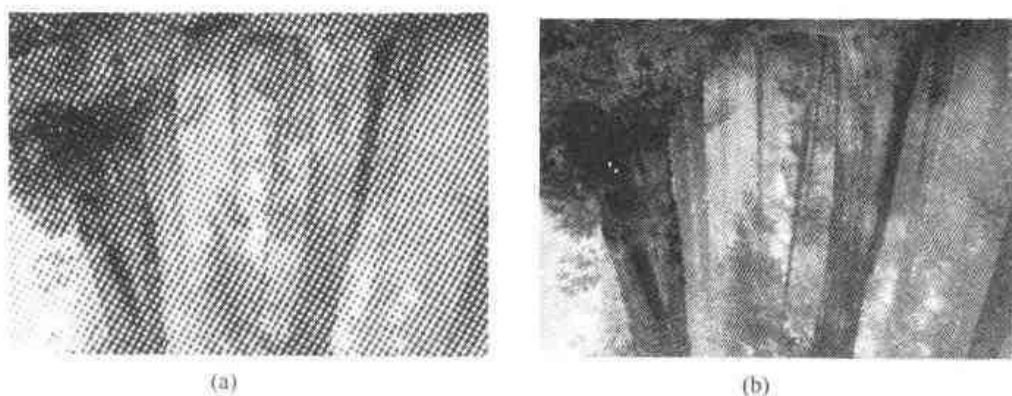


图 6-5 不同加网线数表现图像效果对比

4. 决定加网线数的主要因素

在决定加网线数时需要考虑的主要因素如下。

(1) 视距 按视距选择加网线数主要考虑的是观察距离，使得复制出的图像在预定的距离内观看时颜色和层次有连续变化的感觉，能“骗”得过人的眼睛。在不同的印刷品中，加网线数较高的印刷品适合于近距离观看，例如样本、画册等是供人们仔细阅读的，需选用较高的加网线数；但对大幅海报和宣传画等印刷品就不必选用高的加网线数，因为上述印刷品通常是在远距离范围内观察的，用高加网线数印刷反而会缺少应有的层次。

平印印刷品的常用加网线数为 133 lpi 和 150 lpi；精细的印刷品通常采用 175 lpi，甚至高达 200 lpi 印刷；对大幅海报、宣传画和报纸印刷，可选用较低的加网线数，例如 60~80 lpi。

(2) 纸张质量 过细的加网线数在较粗糙的纸张上印刷时会发生下列情况：一是在图像的高调区域由于网点过于细小，在纸张上印不出来，使得画面失去高调层次；二是粗糙纸张的吸墨量要高于表面光洁的纸张，这样会在图像的暗调区域使网点过早合并，从而导致暗调层次的损失。由此看来，加网线数的选择还关系到印刷时使用的纸张。只有对质量较高的纸张才值得采用较高的加网线数；若纸张质量较差，那么选择太高的加网线数是没有意义的。若产品的精细程度不高，则以适当粗些的加网线数印刷反而能获得满意的效果。

(3) 产品的精细程度 对印刷品要求较高，即产品精细程度较高且幅面较小、纸张质量又高时，宜选择较高的加网线数印刷。

(4) 对产品的艺术要求。

五、网点测量

1. 网点大小

网点大小用网点覆盖率衡量。网点覆盖率又称为网点面积率，它指的是被网点覆盖的面积（着墨部分）与网目单元的面积之比，通常用百分数表示。印刷业中常常把网点覆盖率分成 10 个层次，习惯上称为网点“成数”。例如把一个覆盖率为 40% 的网点称为 4 成网点。显然，一个 100% 的网点将全部被油墨覆盖，这样的网点被称为实地。网点成数还可进一步细分为 22 个层次，相邻层次的间距为 5%。

2. 网点的测量

网点的大小可用密度计测量：第一种方法是用连续密度计测量出密度，再换算成网点覆盖率；第二种方法是用网点密度计测量，这样的仪器可直接给出网点覆盖率；还有一种方法是用读数显微镜测得网点的几何参数，再换算成网点面积。

3. 玛瑞-戴维斯公式

用连续密度计测量出密度再换算为网点覆盖率的依据是玛瑞-戴维斯 (Murray-Davies) 公式，它给出了密度与网点覆盖率间的关系

$$F_D = \frac{1 - 10^{-D_R}}{1 - 10^{-D_V}} \times 100 \quad (6-1)$$

式中 F_D ——网点覆盖率 (网点面积率)；

D_V ——被测纸张 (或透明片) 上的实地密度；

D_R ——加网面积上的光学密度。

显然，当测量透明片上的网点时， D_V 往往会很大，例如软片上的实地密度可以达到 4.0，从而使式 (6-1) 的分母接近于 1。为此，可将式 (6-1) 简化为

$$F_D = 1 - 10^{-D_R} \quad (6-2)$$

六、网目调特征

在产生网目调前，操作人员需要知道与原稿和复制设备有关的四大基本因素，这就是放大系数、复制密度范围、阶调特性和网点复制特性。

1. 放大系数

对一个特定的设计好的页面，出现在页面上的图片可能与原稿同样大，也可能比原稿大或比原稿小。出现在页面上图像的尺寸与原稿尺寸之比称为放大系数 (Magnification)。因此，传统制版技术要求在对原稿进行加网前需注意只有放大系数相同的一组原稿才能合在一起加网，且其它加网条件也必须相同。

桌面出版系统出现后就没有这样的限制了。在现代印前技术中，页面上的图像可以任意放大系数出现并互相组合起来，在页面制作好后做统一的加网处理。

2. 复制密度范围

对反射稿而言，密度是印刷品墨色深浅程度的度量，对透射稿则为阻止光通过的能力。密度可以用密度计测量，密度计按其使用目的和结构复杂程度可以有很大的差别。密度通常以透射率或反射率倒数的十进对数值表示。

密度范围表示了一张照片上最黑和最白部分之间的差别，复制密度范围 (Copy Density Range) 可从最暗密度读数减最亮密度读数得到。对反射稿，密度读数为 0.00 时表示反射率为 100% (全部反射，极高光)；对透射稿，密度读数 0.00 则表示透射率为 100%，即光线能全部透过。

在实践中，现有复制技术能达到的密度上限为 2.0，因为印刷油墨只能吸收光线的 99%。照相术可获得的复制密度范围为 1.7~1.8，但若制作的是网目调阴图，则最后制出来的片子能获得的密度还将产生 ±0.03 左右的变化。

3. 阶调特性

在高质量的纸张上，多数商业印刷工艺能达到的复制密度范围为 1.4~1.6，而在质量较低的纸张上用普通的印刷工艺可复制的密度可能会低于 1.1。因此，网目调工艺必须保持被复制图像中重要的阶调 (Tonality)，允许损失的应该是那些不重要的细节。照相制版可

能落在三个阶调组之一：正常照片（Normal Photographs）在高光和暗调区域能保持同等重要的细节；高调照片（High-key Photographs）在印刷品的高光区域可保持最重要的细节；而低调照片（Low-key Photographs）则能在暗调区域保持最重要的细节。为了保持原稿不同区域内的重要细节，在制作网目调图像时需要分别拍照。

4. 复制特性

不是所有的印刷设备都能复制出同样的网点结构，纸张或其它承印材料能保持网点（最小网点的着墨效果）的能力将影响网点的复制结果。复制特性（Reproduction）指的是在一套给定的印刷工艺条件（包括网点形状、网线角度、加网线数、晒版、承印材料、油墨、印刷机精度等）下能印刷再现的最大和最小网点。

在制作网目调图像前，必须知道用于制版和印刷的设备和纸张标准。大多数商业印刷设备能复制的网点百分比范围约为 5%~95%，但是，纸张和印刷工艺对可复制的网点范围将产生很大的影响。例如，用铜版纸（涂布纸）可复制 5%~95% 的网点范围，而在非涂布纸（胶版纸或新闻纸）上能复制的网点范围却为 10%~90%。

七、加网方式

照相技术在印刷业中获得应用后，开始人们用十字交叉规则排列的玻璃网屏制版，使得人眼在正常的观察距离内观看印刷品时无法分辨网点，从而获得连续调的假象。20 世纪初期已经可以复制出质量精美的单色调图片，此后的主要改进是发明了接触网屏。

1. 网屏加网

照相制版工艺的网点是用网屏来产生。因此讨论照相制版离不开对网屏的讨论。

（1）网屏的作用 网屏是一种把连续调图像分解为可印刷复制像素（网点或网穴）的加网工具。现代印刷术是将原稿图像转变为印版上的图像，在印版表面施加油墨，再转移到承印物上的技术。其中的印版，就平印和凸印来说，其图文部分都在同一个平面上，无深浅之分。因此印版上只有着墨（图文）和不着墨（空白）两种状态，无着墨厚薄之分。凹印印版上虽然可用网孔调节着墨厚薄，但也必须有支承刮墨刀的网墙。因此，印刷不能（仅仅）依靠着墨层厚薄表现出连续变化的浓淡层次，而必须将连续调原稿先转化成以网点构成的网目调图像，再制成印版。网屏就是完成这一转化的工具，其作用是将连续调变化的浓淡层次构成的画面分割成大小不同的网点。

（2）网屏种类 网屏可分为玻璃网屏和接触网屏两种。

① 玻璃网屏 玻璃网屏由两块特殊光学玻璃组成，这两块光学玻璃用雕刻机在单位长度内精确地雕刻成若干条刻槽，用黑漆涂到刻槽，就形成了黑白等宽度的线条；将两块同样刻有线条的玻璃交叉成一定角度黏合，即形成了玻璃网屏（见图 6-6）。玻璃网屏的两组平行线通常以 90°垂直相交，也可以非 90°相交。黑白线条宽度之比通常为 1:1，但也可以做成其它线比的特殊网屏。显然，对于线比为 1:1 的黑白玻璃网屏，有四分之三的面积被黑线所遮盖，即只有四分之一的光线可以通过网屏，故用玻璃网屏加网时光能损失很大。针对光能损失大的不足，又设计了另一种玻璃网屏，称为品红格拉达（Gradar）网屏。格拉达网屏的线条是透明的品红色，结构如图 6-7 所示，两块划有不同深浅、不同宽度的品红平行线的玻璃胶合，形成四个浓淡层次。格拉达网屏的这一独特设计提高了网屏的透光能力，使五成左右的网点形成近似菱形的网点，有利于改善阶调曲线在中间调的连续性，表现出柔和的中间调。

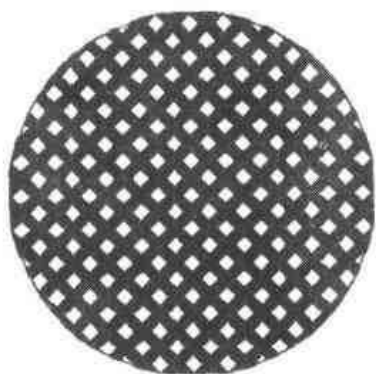


图 6-6 玻璃网屏放大示意

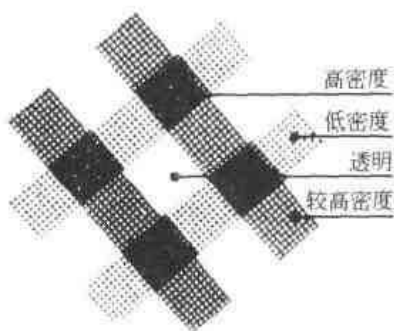


图 6-7 格拉达网屏结构

由于格拉达网屏带有颜色，因此可以用色光调节其宽容度。此外需要说明的是，也有灰色的格拉达网屏。

玻璃网屏可用于直接或间接加网（分色）工艺。照相前，需将网屏放在感光材料前几毫米处，照相机需装备能准确平行移动的稳固的支架。由于玻璃网屏加网的操作工艺很复杂，影响加网图像的因素较多，目前已很少有人使用。

② 接触网屏 由于玻璃网屏价格昂贵和操作上的复杂性，便出现了接触网屏。接触网屏是以胶质材料为片基的感光材料制成的薄膜式网屏，因使用时与感光软片紧密接触而得名。

在这种网屏上均匀分布着中心密度高，边缘密度低，无明显边界而连续变化的虚晕小点，小点的个数与加网线数一致。照相制版时，成像光线透过接触网屏到达感光材料而形成网点。

接触网屏有品红色和灰色两种，品红色接触网屏只适用于黑白原稿的直接加网和由连续调阴图接触拷贝制取阳图，不能用于彩色原稿的分色。此外还有杂色网屏，比如琥珀色网屏用于黑版分色照相，红色接触网屏用于青版，绿色接触网屏用于品红版，蓝色接触网屏用于黄版。

接触网屏在用于拷贝加网时，原稿、网屏与感光片三者密合在一起，光线通过接触网屏，便可根据原稿或阴片密度的高低，在感光片上形成与原稿（或阴片）密度对应的、大小不同的网点。接触网屏模拟玻璃网屏焦距外的浓淡程度，使胶片曝光光线的强度由网屏的重复传播调制。

上述网屏可用于平、凸版照相加网，凹印必须使用专用网屏。

2. 电子加网

电子方法通常有更高的处理速度，成本更低，可获得效果更一致的产品。不少人认为，如果使现代图像处理技术在加网中实现，则加网质量和最终的印刷品效果可望得到很大的提高。

所有成功的电子加网方法几乎均以模拟制版照相机（Process Camera）的工作原理为基础。当原稿图像中某一点的亮度值与透过网屏光强度的乘积超过胶片的感光阈值时，得到的网目调将是白色，当然这与曝光参数和胶片的感光灵敏度有关。将这一关系取对数，则可得

$$E - D_m - D_s \geq K \quad (6-3)$$

式中 D_m ——原稿的反射密度；

D_s ——网屏密度；

E ——感光灵敏度；

K ——曝光参数。

式(6-3)所示关系在物理上可用图6-8所示的比较器实现。其中，常数(不变)部分被吸收到了网屏信号(Screen Signal)中。与照相制版方法相比，这一模型实际上大大地简化了对阶调范围的考虑，它要考虑的是图片信号是否与图像的反射率成正比，而不是是否与密度成正比。对一个线性阶调范围而言，网屏信号在对应的最大反射率图片信号值和最小反射率图片信号值间的幅度概率分布是均匀的。

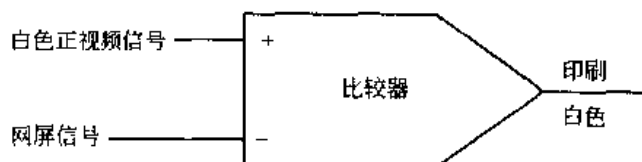


图 6-8 电子加网的比较方法

实现这一模型的最直接方法是使用一台有三个鼓的扫描仪，其中两个鼓通过扫描原稿和接触网屏取得视频信号和网屏信号，这两个鼓既能扫描反射稿，也能扫描透射稿；第三个鼓用一个调制好的光源对输出材料进行曝光。当视频信号大于网屏信号时光源打开，而在视频信号小于网屏信号时光源关闭。后来，开发了从存储器取得网屏信号的技术，这种存储器与屏幕相比结构紧凑，且不容易损坏。

人们最常提出的问题是：每一个网目调网点需要多少个视频样本？理论分析和实际经验均证明这是一个错误的提法。实际上，视频分辨率与网屏间距无关，它主要与观察者的视觉灵敏度相关。

第二节 数字加网

一、数字网点构成特点

为了实现彩色图像复制，需经历分色、阶调调整、清晰度强调等过程，最终以青、品红、黄、黑四色版网点的叠合再现原稿图像。用数字方法对图像加网时，网点生成方法以及网点的构成形式与传统加网方法有不少区别，本节将从网点栅格、网目调单元、像素值、加网线数与记录分辨率之间的关系以及数字网点的形成方法几个方面叙述。

1. 网目调单元

传统照相加网技术利用网屏对原稿进行离散化，该过程把原稿分割成若干个面积相等的小方格，制版照相机根据原稿在不同部位有不同的亮度从而产生不同的光量在胶片上获得不同尺寸的网点。

(1) 记录栅格 桌面出版系统进入实际应用后，从数字图像转换为网目调图像通常采用像激光照排机(Image Setter)或胶片记录仪(Film Recorder)这样的输出设备把网点逐个记录在胶片上，一个网点由有限个激光点曝光组成。显然，输出设备的激光光束对胶片只能通过曝光和不曝光两种形式工作，即照排机和胶片记录仪是典型的二值设备，像素与组成网点的激光光束曝光点是“一对多”的映射关系。照排机和胶片记录仪以逐行扫描的方式工作，其作用是使用计算机记录在页面上的元素栅格化(光栅化)，故人们把照排机和胶片记

记录仪称为光栅（扫描）输出设备。

从微观上看，数字化方法产生的网目调网点图像由成千上万个更小的点组成，它们由照排机或胶片记录仪发出的激光束投射到胶片上曝光成像。为了在二值设备上获得规定大小的网点，需要将一个网目调单元（形成网点的基本单元）划分为更细小的单位，即记录设备以固定的坐标将记录平面划分为细小的网格，这个网格称为记录栅格（Recorder Grid）。对照排机这样的记录设备，记录栅格的每一个单元可大可小，它由设备的输出分辨率决定。但是，同一台记录设备的分辨率通常仅有有限的几档，因此对同一记录设备而言，记录栅格的每一个单元也只有几档大小。

（2）设备像素 图像输出设备在记录网点时按一定的规则把记录平面划分为一个个小方格，这样划分后形成的小方块集合称为记录栅格，记录栅格中的某一个小方块被称为设备像素（Device Pixel）。显然，每一个这样的小方块的大小是相同的。

（3）网目调单元 假定有一个面积率为 100% 的正方形网点（见图 6-9），设其边长为 A ，现在将它沿水平和垂直方向均细分为 10 格，则该网点由 100 个小方格组成，这 100 个小方格组成了一个网目调单元，又称为网点单元。因此，网目调单元是一个用于包含网点的区域，只有 100% 面积率的网点才会与网目调单元一样大。

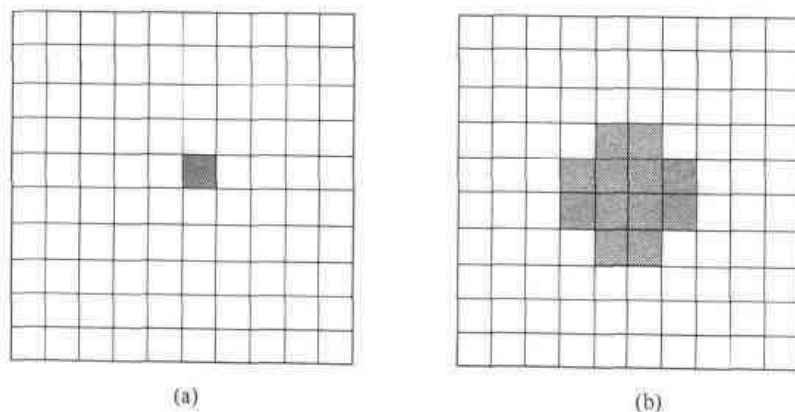


图 6-9 网目调单元

当照排机的激光束在该网目调单元的一个小方格上曝光时则该网点的网点百分比（面积覆盖率）为 1%，如图 6-9（a）所示。图 6-9（b）所示的网点百分比为 9%。如果激光束一个也没有在网目调单元中曝光，其网点百分比为 0；若激光束在网目调单元的每一个小方格上均曝光，则该网点为一个 100% 的网点。

网目调单元中小方格的多少决定了网点轮廓形状接近理想形状的程度。对一个同样尺寸的网点，如果沿纵向和横向划分的格子越多，则该网点的轮廓就越接近理想形状，即该网点的轮廓形状越精细。例如，图 6-10 给出了同样尺寸的两个网目调单元，图 6-10（a）的网目调单元由 $24 \times 24 = 576$ 个小方格组成，图 6-10（b）的网目调单元由 $12 \times 12 = 144$ 个小方格组成。现在要形成一个圆形网点，图 6-10（a）形成的圆形网点轮廓更接近于圆，而图 6-10（b）形成的圆形网点轮廓较为粗糙。

2. 像素与加网线数

为了进一步讨论数字加网的需要，有必要先来解释有关数字图像的像素和像素值，以及它们与加网线数和记录分辨率间的关系。

（1）像素 像素与原稿有紧密的联系，像素有两个基本属性。

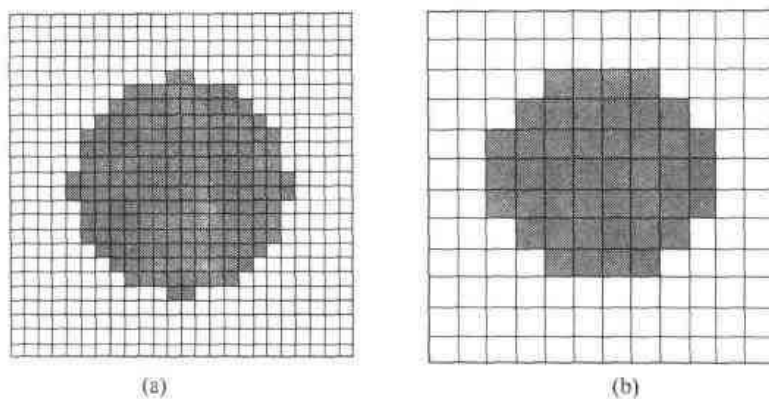


图 6-10 同样尺寸的两个网目调单元

① 位置属性 像素对应于抽样时由图像数字化设备划分的一个个小方块，在图像数字化后，这些小方块就变成了一组数字信息，它们被称为像素。因此，每一个像素均有确定的空间位置，具体数值决定于原稿以及扫描设备如何划分原稿。数字图像其实是一个有序排列的二维数组，像素在这样的二维数组中也有确定的位置。当数字图像在屏幕上显示时，每一像素对应于屏幕上的一个显示点。

② 数值属性 像素的数值属性很容易理解，因为数字图像就是一个二维数组，它与数学上二维数组的不同在于数字图像数组中的数字代表了像素的值，这些数值实际上代表的是某一位置上一个小区域（小方块）上的平均亮度。因此，像素的数值属性说明它具有确定的物理意义，不是抽象的数字。

(2) 像素值与分辨率

① 像素值 数字图像的像素值是原稿图像被数字化时由计算机赋予的值，它代表了原稿某一小方块的平均亮度信息，或者说是该小方块的平均反射（透射）密度信息。在将数字图像转化为网目调图像时，网点面积率（网点百分比）与数字图像的像素值（灰度值）有直接的关系，即网点以其大小表示原稿某一小方块的平均亮度信息。

流行的图像处理软件通常用 8 位表示一个像素，这样总共有 256 个灰度等级（像素值在 0~255 间），每个等级代表不同的亮度；高档的扫描仪（例如滚筒扫描仪或高档平板扫描仪）在数字化原稿时通常采用更高的位深，即用更多的位数来表示一个像素，例如 12 位或 16 位，此时像素的灰度等级为 4096 或 65536。为此，新版本的图像处理软件（例如 Photoshop）在设计时也考虑了能接受 16 位位深的图像（或将 8 位图像转换为 16 位图像），但在输出到照排机时通常仍采用每一像素 8 位。

② 分辨率 数字图像的另一个重要指标是分辨率，它用单位长度内包含的像素数表示，常用单位为 dpi（每英寸点数）或 ppi（每英寸像素数）。

分辨率决定了数字图像在单位长度内的平均信息密度，具有较高分辨率的图像将使数据量成几何级数增加。图像的分辨率虽然采用了与图像输出设备（或输入设备）相同的分辨率，但它们在本质上是不同的，这表现在物理设备的分辨率是不可改变的，它与数字化设备的硬件构成有关，购买高分辨率的输入或输出设备意味着经费支出的成倍增长。图像分辨率与输入或输出设备的分辨率则不同，它不是一成不变的，可以由使用来确定，并可随时修改。

(3) 加网线数与加网质量因子

○ 加网线数 加网线数（频率）是数字图像在输出到胶片上时在单位长度内形成的网点数，它反映了两个相邻网点的中心距离。目前数字图像加网输出通常采用激光照排机这样的设备，此类设备在记录时逐行、逐个地对图像中的像素进行扫描，从原图像中读出每一像素的灰度值，然后按指定的加网线数转换为一定大小的网点。因此，加网线数通常以 lpi（每英寸线数）表示，即以在垂直方向上有多少个扫描行来表示记录设备的精度。很显然，当垂直方向上单位长度内的扫描行数确定后，水平方向上的记录精度也就确定了，它总是与垂直方向的扫描行数相等。例如，当采用 150 lpi 加网时，则在垂直与水平方向上每英寸内均包含了 150 个网点。

如果没有特殊的情况，数字图像的每一个像素均应该输出到胶片上，即加网线数应该等于数字图像的分辨率，比如，当数字图像的分辨率为 133dpi 时，加网线数应该等于 133 lpi。

② 图像加网质量因子 由于四色印刷的四个印版采用不同的网线角度，加网线数等于数字图像的分辨率这一原则将受到严峻的挑战，即仅保证图像的分辨率与加网线数相等是不够的，在多数情况下还得提高图像分辨率。加网线数等于图像分辨率这一规则仅适合于沿水平和垂直方向加网（即网线角度为 0° 或 90° ）的情况。当网线角度不等于 0° 或 90° 时，在网线角度方向上会发生像素不够的情况，其中最不理想的是当加网角度为 45° 时。

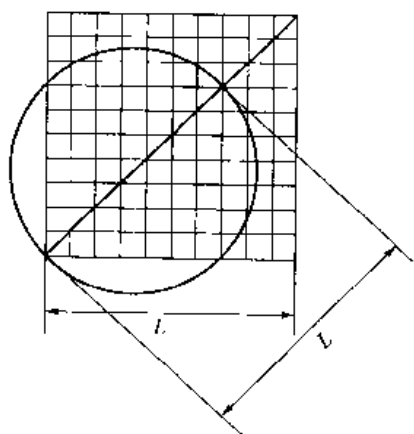


图 6-11 加网角度为 45° 时需提高图像分辨率

如图 6-11 所示，当加网角度为 45° 时，在对角线方向上图像的像素数不够了，它不能满足输出一个网点需要一个像素的要求，需要提高图像的分辨率。因此，无论是对于灰度图像还是彩色图像，考虑到均要采用 45° 的加网角度，需将图像的分辨率提高 1.414 倍，取整数为 1.5。

为了方便，桌面出版系统在扫描原稿时使用的一条实用规则是按加网线数的 2 倍取图像的扫描分辨率。其实，为满足数字加网的基本要求，取 1.5 倍的加网线数扫描就够了。

从理论上讲，用以产生一个网点的像素数越多，复制效果就越好。因此，许多文献把图像分辨率与加网线数之比称为加网质量因子。但这样将大大增加输出处理的时间，对是否能提高图像输出质量也是有问题的。

3. 记录分辨率与网点层次

在前面已说明了数字加网用包含有限个小方格的网目调单元来生成网点，网点的大小则由像素值决定。组成网目调单元小方格的个数与记录分辨率直接相关，它不能超过记录设备的分辨率。

(1) 记录分辨率 记录分辨率指的是输出设备的记录精度，它指逐点扫描方式的图像输出设备可以在单位长度上扫描曝光的光点数。为了与图像分辨率的写法区分，本书以 spi (spot per inch, 每英寸光点数) 表示记录设备的分辨率。但是需要注意，激光照排机的生产和供应商通常采用 dpi 表示设备的记录分辨率。

目前，特别重要的是要搞清楚照排机的分辨率 dpi 与扫描仪分辨率不同，扫描仪的每一个点可用于产生一个像素，该像素是原稿某一小区域平均亮度的数字表示。通常的打印机也采用 dpi 表示其输出精度，但需要问一下是否用一个点在纸张上产生一个像素点，如果是，说明该打印机的一个点实际上是一个网点，它将由 $n \times n$ 个墨粉点来组成一个网点；如果不

是,则该打印机很可能需要利用抖动技术来产生墨粉点。激光照排机的 dpi 指的是在 1 英寸内可曝光多少个激光光点,并由有限个激光光点来组成一个数字网点。因此,从实际尺寸来看,照排机的一个激光光点要远小于数字图像的一个像素所代表的物理尺寸。

(2) 最小网点直径 输出设备的记录分辨率制约着网点记录点阵的精细程度。理论上,输出设备记录分辨率的倒数(即扫描记录光点的直径)等于加网图像的最小网点直径。设输出设备(激光照排机)的记录分辨率为 2400dpi,则记录光点的直径为 $1/2400=0.0004167$ (in),即为 0.01058mm。现在再进一步讨论这样的激光点产生网点的能力。设网目调单元由 16×16 个记录栅格组成,则该网目调单元的宽度(或高度)为 $16 \times (1/2400)=1/150$ (in),这说明当需要表达出图像中每一像素的全部 256 个灰度等级时,如果输出设备的记录分辨率为 2400spi,那么该设备可为 150 lpi 的印刷品加网,此时最小网点的面积率(仅一个设备像素曝光为 $1/256=0.39\%$)对应的网点直径为 0.01058mm。

(3) 记录分辨率与网点形状的关系 对于同一加网线数来说,输出设备的记录分辨率越高,则表示构成网点的点阵密度可以越大;当采用越多的设备像素来构成一个网目调单元时,使一个网点能反映的灰度等级增加,网点的轮廓(边缘)将更加细腻和光滑。记录分辨率高的另一个好处是可以更方便地改变加网角度,图 6-10 很好地说明了这一点。

在电子分色机中,构成网目调单元的点阵数保持不变,加网线数的增加或减少,由输出光束孔径的相应调节来实现,即加网线数决定了网点的直径。激光照排机的记录分辨率不是任意可变的,只能分成有限的级数。因此,加网线数的改变只能通过改变网目调单元的密度(大小)来实现。

(4) 记录分辨率与网目调单元的关系 记录分辨率高并不意味着网点一定很精细,它还与用多少个设备像素来组成一个网目调单元有关,因为网目调单元的大小几乎可以自由指定。例如,对于一台 2400spi 的照排机,可以用 16×16 个设备像素组成一个网目调单元,也可以用 12×12 个像素组成一个网目调单元。显然,设备的最高记录精度是一个定值,它是不能改变的。但网目调单元的大小却是可以控制的。原则上,网目调单元越小,加网线数就可以取得越高。对上面列举的两个数字,当用 16×16 个设备像素组成一个网目调单元时,可以达到的最高加网线数为 $2400/16=150$ lpi;但若网目调单元由 12×12 个设备像素构成,则最高加网线数可取 $2400/12=200$ lpi。

4. 记录分辨率与加网线数的关系

(1) 像素映射为网点 传统照相加网技术通过网屏将图像分割成若干个面积相等的小方块,根据原稿的亮度差异产生不同的光量,最后分割成的小方块中形成大小不同的点子(网点)。数字加网技术采用了完全不同的加网方法,页面中的图像由设备的记录分辨率和加网线数匹配来生成类似于照相加网网格的网点栅格点阵。在生成每一个网点时,由输出设备(照排机)的控制单元控制输出记录光点在栅格点阵中各个单元上是否曝光来实现。因此,数字加网在一个规定的二值化平面内进行运算,并通过输出设备的控制单元获得与像素值匹配的网点,该网点的相对大小完全取决于像素值,但网点的形状和加网角度由用户指定。

二值化平面是设备的记录平面。加了“二值化”三字是为了强调在输出设备的记录平面内,任一记录点只能从 0 或 1 中取一个数。网点的相对大小,即网点面积率,它与网点的绝对尺寸不同。网点的相对大小(网点面积率)由数字图像的像素值决定,例如像素的灰度值为 127 时将产生一个 50% 面积率的网点。网点的绝对尺寸则不仅与像素值有关,还取决于网目调单元由多少个设备像素来组成。比如,设备的记录分辨率为 2400spi,同样一个 50%

面积率的网点，用 16×16 个设备像素组成一个网目调单元时该网点的绝对面积为 $2.25 \times 10^{-3} \text{in}^2$ ；用 12×12 个设备像素组成一个网目调单元时，50% 面积率网点的绝对面积是 $1.25 \times 10^{-3} \text{in}^2$ 。

网目调单元点阵中包含的小方块（记录栅格）数由输出设备的记录分辨率和加网线数决定，可以用式（6-4）表示

$$n = (\text{spi}/\text{lpi})^2 \quad (6-4)$$

式中 n ——网目调单元点阵包含的记录栅格数；

spi——输出设备的记录分辨率；

lpi——加网线数。

例如，设照排机的记录分辨率为 2400spi，加网线数为 150 lpi，则可算得 $n=256$ ，网目调单元点阵中包含 256 个小方块这一事实说明它刚好能表示位深为 8 的一个像素。

一个网目调单元中包含记录栅格的个数表示该网目调单元可表达灰度层次的能力，可称为网目调层次数。实际应用中，往往会不加区分地称之为网点层次。

（2）实际加网线数 从式（6-4）可知，若记录分辨率越高，则构成网点的栅格点阵也可以越大，能表现的灰度级数当然也越多。当记录分辨率固定时（输出设备的记录分辨率只有有限的档数），网目调栅格点阵中能包含的单元数也就固定下来。每个网目调单元中可包含的记录栅格数必须是整数，因此只能相对有限地选择加网线数。这样，在使用数字方法加网时，通常不能保证得到指定的加网线数，往往会使得设定的加网线数与输出后实际得到的线数有所偏离。

例如照排机的输出分辨率（记录分辨率）为 2400spi，假定选择了 175 lpi 的加网线数，则网目调单元在水平或垂直方向上应该包含 $2400/175=13.7$ 个设备像素。但是，记录分辨率 spi 与加网线数 lpi 的比值（即网目调单元将由多少个记录栅格组成）必须为整数，故需把 13.7 约整为 14，这样实际获得的加网线数为 $2400/14=171.4$ lpi。在这一选择下可表达的层次数为 $14 \times 14 + 1 = 197$ 个，即由 196 个记录栅格组成一个网目调单元，但考虑到除没有一个记录栅格曝光外，还有所有记录栅格（196 个）均曝光的情况，故可以表示的层次数应该加 1。

5. 数字网点的形成方法

网点大小是相对而言的，它通常用网点面积率（百分比）表示。对数字加网技术而言，网点百分比是构成网点的网目调单元点阵中曝光的光点数占网目调单元小方块总数的百分比。

（1）影响网点面积率的因素

① 像素的灰度值是决定网点面积率的惟一因素 网点的大小（网点面积率）不受网点形状、加网线数和加网角度的控制，只受分色图像灰度值的调制，即像素的灰度值越高，输出时生成的网点面积率越小；像素的灰度值越低，输出时生成网点面积率越大。

② 网点面积率与网点形状无关 数字加网技术中网点面积率实际上是曝光记录栅格在全部网目调单元设备像素中所占的百分比，网点面积率与网点形状无关。如果不考虑网点形状本身对复制效果的影响，则网点面积率与网点形状无关这一特点意味着，对于不同形状的网点，当它们的面积率相同时对图像的复制效果是相同的。比如，一个 50% 的正方形网点可以复制 127 这一灰度等级，而一个 50% 的圆形网点同样能复制 127 这一灰度等级，它们没有本质上的区别。

③ 网点面积率与加网线数无关 从加网线数的定义看，它表示加网时将要在单位长度内产生的网点个数。因此，加网线数将决定网目调单元的大小，但与网点面积率没有关系。因为网点面积率是一个相对量，加网线数的不同将导致网点绝对尺寸的变化，从而产生不同精度的印刷品。

④ 网点面积率与加网角度无关 加网角度仅决定网点沿什么方向排列，它与网点面积率毫无关系。一个 30% 的网点当它沿 45° 方向加网时与沿 15° 方向加网将保持同样的油墨量，可以认为在这两种情况下它们将复制出相同的灰度等级。但是，因加网角度的不同将造成不同的视觉效果。

(2) 数字网点生成方法 在设计好理想的网目调网点后，接下来需要考虑的问题是如何将数字图像的像素值转换为可模拟原稿图像浓淡程度的网目调网点。

PostScript 技术采用一个称为网点函数 (Spot Function) 的过程 (函数) 来定义网目调网点。为此，首先需要按网点形状建立数学模型，把该数学模型按语言规则编写为 PostScript 代码；然后规定在一个网目调单元中所有的记录栅格如何曝光 (即曝光的次序)。

在数字加网技术的发展历史中，产生了不少网点生成方法，它们均通过实际使用，有成熟的使用经验。比较有代表性的有四种：阈值法、模型法、生长模型法和对半取反法。其中前两种方法存在相当多的缺点，现在已很少采用；生长模型法由于存储开销少、运算速度快，是目前应用最普遍的方法；对半取反法不能独立使用，它必须与其它方法结合起来才行。

假定一个网目调单元 (网点栅格) 包含 25 个成像光点，即横向和纵向均划分为 5 格 (见图 6-12)。在这一条件下，该网目调单元可表示的灰度层次等级有 $25+1=26$ 个。为了使问题简化，设数字图像有 14 个灰度等级，即像素的灰度值范围从 0~13。由于成像光点有 25 个，层次等级有 14 个，因此每一个小方块平均可表示 $26/13=2$ 个灰度等级。与像素值 0 对应的曝光点数应为 0，假定与像素值 1 对应的曝光点数为 1，对像素 1 以后的灰度等级，每增加 1 个灰度等级就增加 2 个曝光点，由此而得到由 0~13 这一灰度变化范围映射到记录栅格矩阵 (0~25) 曝光栅格数的对应关系。

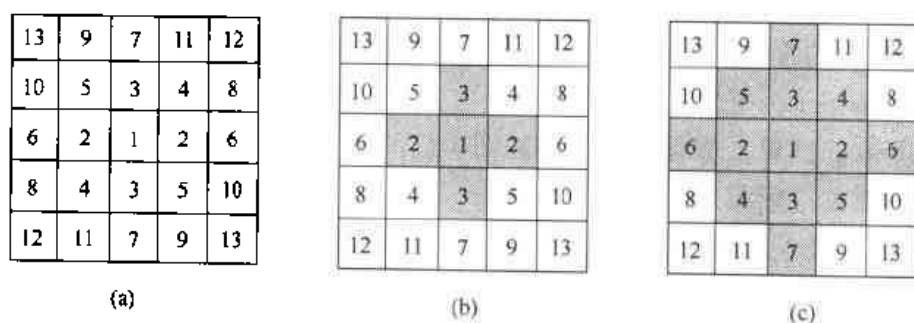


图 6-12 网点生长模型

设原稿图像中某一点的像素值为 7，按上述关系记录栅格上应该有 13 个小方块曝光，但问题是哪 13 个小方块应该曝光。大多数数字加网技术采用了称为生长模型的加网方法，为此需使用一个称为网点函数 (Spot Function) 的过程描述网目调单元。

图 6-12 给出了包含 25 个记录栅格网目调单元中网点生长模型的例子，该图所示的矩阵告诉光栅图像处理器 RIP (Raster Image Processor)：当像素值为 0 时照排机不曝光；当像素值为 1 时，在网目调单元中心的小方块上曝光；当像素值为 2 时在编号为 1 和 2 的小方块

上曝光；当像素值为 3 时，在编号为 1、2 和 3 的小方块上曝光；……；如果像素值等于 13，则在网目调单元的所有小方块上曝光。

图 6-12 中给出的每一小方块的编号实际上形成了一个阈值矩阵，方块上的编号实际上就是控制像素是否曝光的阈值。在加网时，光栅图像处理器将取得的像素值与阈值矩阵的每一单元进行比较，若像素值大于或等于阈值矩阵中某一单元的值，则照排机在这些单元上曝光，否则不曝光。例如，当 RIP 取得的像素值为 3 时，则阈值矩阵中所有数值小于等于 3 的单元均要曝光，于是得到图 6-12 (b) 所示的网点。对于灰度值为 7 的像素，则得到图 6-12 (c) 所示的网点。

显然，当需要复制出一幅每一主色的位深度为 8 的彩色图像时，需要由 16×16 个记录栅格组成一个网目调单元。对于这样的网目调单元，若采用的网点形状为正方形，则当采用网点模型法时需针对每一灰度值准备 256 个网点模型，但生长模型法却把 256 个网点模型缩减为 1 个基本模型，它用阈值矩阵控制网目调单元中光点的曝光次序。如果像图 6-12 所示的那样为包含 256 个记录栅格的网目调单元也规定一个阈值矩阵，则利用这一矩阵就能表现 256 个灰度等级。

生长模型法的阈值矩阵使得加网过程变得更高效，加网时只需执行比较操作就可以了。为了使阈值矩阵能更好地工作，在对某一图像加网时，所有的网目调单元必须大小和形状均相同，且包含相同的记录栅格（光点）。

二、图像处理软件的加网功能

图像处理软件通常内置加网功能，应该加以充分利用。本节以流行的图像处理软件 Photoshop 为例，说明在图像处理软件中如何实现图像的加网操作及相关的问题。

1. 前端加网与后端加网

加网的目的是为了用印刷方法批量复制图像，可以选择不同的工艺实现。

(1) 前端加网 前端加网的含义是直接图像处理软件中加网，按处理命令和加网方法的不同，又可以分为两种形式。

① 用二值化命令加网 对于精度要求不高的印刷品或某些印刷方法（例如丝网印刷），可以利用 Photoshop 的位图（Bitmap）命令直接将灰度图像转换为网目调图像。加网结果可以保存为 DTP 系统的常用格式，比如 TIFF（Tagged Image File Format）或 EPS 文件格式（Encapsulated PostScript File Format）。

用 Photoshop 的图像二值化命令加网的图像已经成为网点图像，可直接输出到照排机或打印在透明薄膜上，经晒版后即可上机印刷。

② 利用页面设置（Page Setup）命令加网 点击页面设置对话框中的加网（Screens）钮可进入网目调加网（Halftone Screens）对话框，然后在该对话框内实现加网操作，但加网后应将图像存储为能够保存加网参数的格式。在 DTP 系统中，通常采用 EPS 文件格式保存。

用页面设置命令加网的图像通常要用到排版软件中，但也可以直接输出到照排机。对用于排版的图像，通常用排版软件的置入命令放置到页面需要的位置上。排版完成后，由排版软件生成的页面文件通常在照排机上输出，此时，RIP 能识别保存在 EPS 文件内的加网参数，正确地输出到胶片上。

(2) 后端加网 通常，RIP 均有自己的加网功能。因此，后端加网的含义是在输出到照排机前的所有操作中，均不考虑加网。在完成全部操作并核对无误后，统一在照排机上发

排。选用 RIP 加网时，不需要在图像处理软件中选择加网参数，而是用图像处理软件产生图像，用图形软件设计图形，最后在排版软件中输入文字并组合页面，并生成一个 PS 文件（或 EPS 文件），再到照排机上输出。用 RIP 加网时，所有页面元素是否要加网由 RIP 判断和统一处理，例如实地的文字和图形不需要加网，而有层次变化的页面内容则需要加网。加网参数可以在输出前按需要设置，可获得高质量的输出。

2. 图像的二值化处理

二值图像是只有两个灰度级（0 或 1）的图像，它是数字图像的一个重要子集。二值图像在科研、工业和医学等领域有重要的应用，但对于以制版为目标的图像二值化操作，在于把一幅灰度图像或彩色图像变换为二值图像时实现对原图像的加网，提供符合制版和印刷后工序要求的结果。

选用网目调加网（Halftone Screens）把当前灰度图像转换为二值图像时，Photoshop 模拟印刷工艺使用的网目调网屏复制灰度图像的效果。用二值化图像方法加网的意义在于，加网操作直接在图像处理软件内部完成，加网后的图像存储为 TIFF 或其它格式，其输出方式较为灵活。对于要求不高的复制工艺，可以在普通的激光打印机上输出到透明薄膜并晒版；也可以在照排机上输出。

如果要为套印工艺准备四色底片（比如丝网印刷或精度要求不高的胶印），应先利用通道板上的通道分离（Split Channels）命令把 CMYK 图像分离为四个单通道文件，每个文件对应一种主色。由于形成的四个文件均为灰度图像，因此可以用 Bitmap 命令分别对这四个文件加网。

在位图（Bitmap）对话框中的网目调加网选项对话框中需要为当前灰度图像指定网目调网点属性，包括加网线数（频率）、加网角度和网点形状。

在指定加网频率（Screen Frequency）时，需意识到若输入的加网线数（lpi）超过了图像分辨率时，软件将进行灰度插值处理。因此，最好的方法是保证图像分辨率不低于将要采用的加网频率，对于在 45° 方向的加网操作，建议图像分辨率不低于 1.5 倍的加网线数。加网线数与诸多因素有关，例如纸张的种类和质量、印刷机的套印精度、晒版和印刷工艺等。当然，确定采用多高的加网线数主要取决于复制精度。在确定加网线数时如果没有这方面的经验，可与印刷厂核对，得到正确的加网线数，再按印刷厂的要求确定。

在加网角度（Angle）文本框中指定网点角度时需要具备数字加网的基本常识。对于灰度图像的加网一般情况下都采用 45° 的加网角度。但是，如果为四色套印准备分色图像，则需要为每一幅主色图像指定加网角度。如果没有把握时，通常可按有理正切加网技术来指定加网角度，例如对青版指定 18.4° 的加网角度等。

网点形状将影响最终的复制效果。为此，需分析原稿后再选用合适形状的网点。例如，椭圆形网点表现的画面阶调特别柔和，反映的层次也很丰富，它在整个阶调范围内均有良好的阶调传递特性，因此对人物和风景画面特别合适；当采用圆形网点时，画面中的高光和中调处网点均互不相连，仅在暗调处网点才互相接触，因此画面中间调以下的网点增大值很小，可以较好地保留中间调层次。

3. 利用页面设置命令加网

在图像处理软件 Photoshop 中直接输出图像与加网有关的问题是如何选择网目调网点属性。网目调网点属性包括加网线数、加网角度和网点形状，这些属性在打印过程中是要用到的。在分色时，用户也需要对每一色版的网点规定一个角度。以不同的角度排列四色网点的组合可确保印品的颜色看上去是连续的，不会出现龟纹。

在设置网目调网点前，需要与印刷厂核对，按其建议选用合适的加网线数、加网角度和网点形状。在网目调网点对话框中可按印刷要求指定加网参数，但不能随意设置，这对通过网目调加网对话框进行自动加网也一样。

(1) 加网参数的指定 在半调网屏 (Halftone Screens) 对话框 (见图 6-13) 中可以分别对 CMYK 图像的各色版指定加网参数。为此，需先在油墨菜单中选择要加网的色版，然后在频率和角度文本框中分别输入需要的加网线数和加网角度，并从形状菜单中选择需要的网点形状。

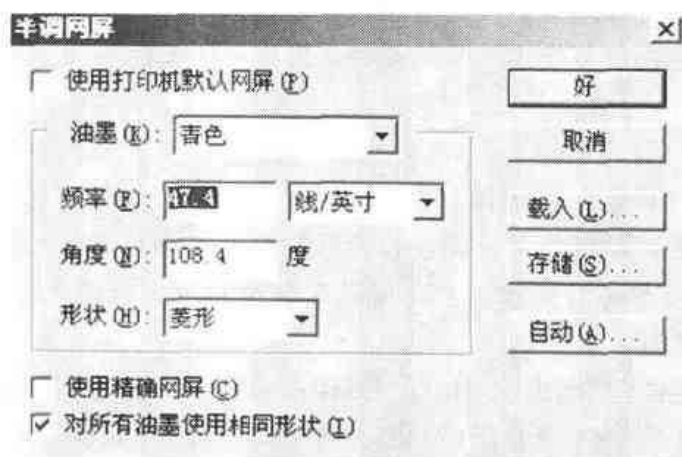


图 6-13 半调网屏对话框

加网线数需按印刷品质量要求指定，这看起来很平常，但看一下刚进入半调网屏对话框中时出现的一套默认参数就可以知道问题却并不那么简单。

Photoshop 默认的加网线数如下。黄版为 50 lpi (加网角度 90°)，青版和品红版为 47.4 lpi，加网角度则分别为 108.4° 和 161.6° ，黑版为 53 lpi (加网角度 45°)。熟悉电分机操作的用户对出现的加网角度不会感到意外，但对四个色版出现不同的加网线数可能会感到困惑。但有了数字加网的知识后就可以合理地解释它了。

Photoshop 对各色版的默认加网角度即电分加网采用的角度组合，因为黄版的 90° 等价于 0° ，青版的 108.4° 即 18.4° ，品红版的 161.6° 其实就是 71.6° 。

当加网角度为 0° 、 $\pm 18.4^\circ$ 和 45° 时，加网线数之比为

$$f_0 : f_{\pm 18.4} : f_{45} = \sqrt{9} : \sqrt{8} : \sqrt{10}$$

以黄版的加网线数 (50 lpi) 为基准，则当加网角度为 18.4° 时，实际得到的加网线数应该为 $(\sqrt{8}/\sqrt{9}) \times 50 = 47.1$ ，这一数字与 47.4 接近；当加网角度为 45° 时，实际得到的加网线数为 $(\sqrt{10}/\sqrt{9}) \times 50 = 52.7$ ，这一数字也十分接近于 53。

由 Photoshop 提供的网点形状是有限的，它们是圆形 (Round) 网点、钻石形 (Diamond) 网点、椭圆形 (Ellipse) 网点、线形 (Line) 网点、正方形 (Square) 网点和交叉线 (Cross) 网点六种。若用户希望四色版的每一色版均使用同样形状的网点，则应核准“对所有油墨使用相同形状 (Use Same Shape for All inks)”项。

熟悉 PostScript 语言编程的读者可以从形状 (Shape) 菜单中选择自定义 (Custom)，然后在自定义网点函数 (Custom Spot Function) 对话框中用 PostScript 语言定义一个网点函数，并把它保存起来，以后在加网时可以调用它。

(2) 加网参数设置的其它问题

① 加网参数的自动确定 当不熟悉数字网点理论时,可点击网目调加网(Halftone Screens)对话框中的自动(Auto)按钮,进入自动加网(Auto Screens)对话框指定照排机的分辨率和需要的加网线数,然后让 Photoshop 自动计算各色版的加网线数。例如,如果在自动加网对话框中输入照排机分辨率为 2400dpi、加网线数为 150 lpi 后,由 Photoshop 算得各色版的加网线数如下:青版和品红版 151.8 lpi,黄版 160 lpi,黑版 169.7 lpi。之所以出现黄版加网线数不是 150 lpi,而是 160 lpi 的原因就是因为加网角度和加网线数只能取有限的组合。

注意,由 Photoshop 计算出的加网角度与加网线数不能随意改动,除非你对数字加网有相当的了解或核准了该对话框中的“使用精确网屏(Use Accurate Screens)”项。

② 输出设备默认网点的使用 无论是打印机还是照排机,它们都有自己默认的网点设置。打印机的记录分辨率通常不会太高,例如普通的激光打印机分辨率在 600dpi 左右。如果按 150 lpi 加网,则每个网目调单元只能由 4×4 个设备像素组成,总共可复制 17 个灰度等级,而这肯定是不够的。为此,打印机制造商设计了自己的加网参数,使得在有限的分辨率范围内尽可能复制出高质量的图像。打印机制造商设计的加网参数往往是特殊的,应该加以利用。

当需要使用打印机内置的默认网目调网点时,可在网目调加网对话框中核准“使用打印机默认网屏(Use Printer's Default Screens)”项,此时用户在对话框中的设置将不会被理会。

第三节 龟纹产生机理与控制

彩色复制过程中龟纹、玫瑰斑和阶调跳跃等问题是不能不面对的。问题的关键是如何将这样的影响减少到最小。

一、龟纹产生的原因

目前使用的加网方法(无论是传统加网还是数字加网),对图像层次的调整是通过改变网点的大小来实现的。从物理学中知道,当两个或多个具有相同频率的网屏相互重叠时会因网屏间的遮光和透光作用产生出相当于差频的浓淡变化。这种浓淡变化随加网的角度差面变,形成所谓的龟纹。龟纹的出现干扰了人眼阅读印刷品,需要尽量避免。

两个或多个具有相同频率的网屏相互叠加时会产生莫尔条纹。当莫尔条纹十分醒目时,对正常的图案产生干扰,就称作龟纹,如图 6-14 所示。

印刷品龟纹产生的原因大体为下面几种。

① 图像内所包含的往返重复内容的空间频率和网点的空间频率间相互作用产生莫尔条纹。例如,如果原稿中含有相同周期的背景(纺织品、远景下的草地等),由于不同色版间的遮光和透光作用而产生条纹或斑块。

② 不同角度的网点图案(网目)相互叠合时产生龟纹。

③ 扫描类似于加网过的图像(例如印刷品)这样的二次原稿时,因扫描线与原稿中的有规律排列,网点图案相互作用而产生龟纹。

④ 扫描设备本身可能造成龟纹。

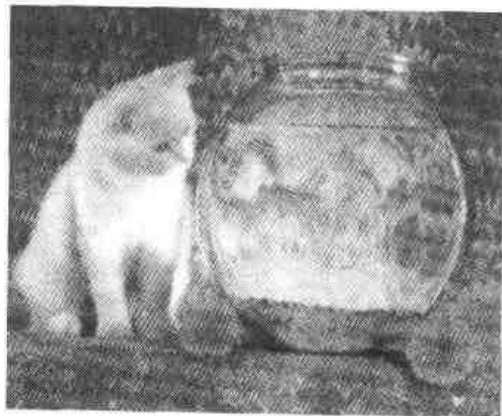


图 6-14 莫尔条纹对
正常图案的干扰

二、龟纹分布规律

龟纹的产生与导致龟纹的原因很多，图案重叠的情况千差万别，产生的龟纹也会有所不同，但从最简单的情况开始分析两组不同线距平行线产生的莫尔条纹开始分析。

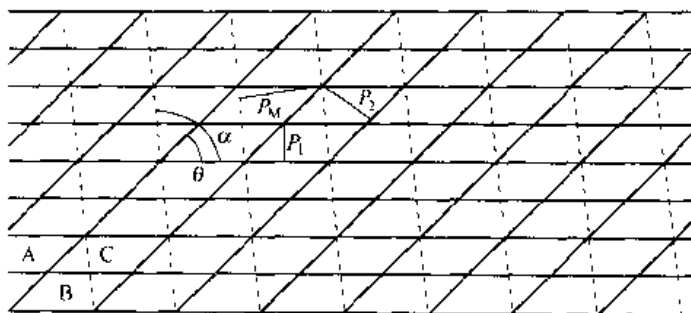


图 6-15 两平行线组叠加示意

如图 6-15 所示，设有一组线距为 P_1 的平行线组 A 与线距为 P_2 的平行线组 B 以角度 θ 叠合，则由于这两组平行线的相互作用，将出现一组干涉的平行线组 C。令第三组平行线与水平线的夹角为 α ，则莫尔条纹的线距 P_M 以及它与水平线的夹角 α 可用下式计算

$$P_M = \frac{P_1 P_2}{\sqrt{P_1^2 + P_2^2 - 2P_1 P_2 \cos \theta}} \quad (6-5)$$

$$\alpha = 90^\circ \pm \cos^{-1} \left(\frac{P_M \sin \theta}{P_2} \right) \quad (6-6)$$

式 (6-6) 中正、负号取用规则是，当 $P_1 \cos \theta < P_2$ 时，取“+”号，反之取“-”号。

如果有两组正交线叠合成一定角度时，也会因相互作用而产生另一组正交线，形成的图案即为莫尔条纹。

上面对两组平行线叠合产生另一组干涉条纹的分析，同样适用于有规则排列的网点图案。仍然以 P_M 表示龟纹的线距， P_1 和 P_2 分别表示两个色版的网点间距，令 θ_1 和 θ_2 分别为两个色版的加网角度 ($\theta_1 < \theta_2$)，并以 α 表示龟纹与水平线的夹角，则式 (6-5)、式 (6-6) 应改写为

$$P_M = \frac{P_1 P_2}{\sqrt{P_1^2 + P_2^2 - 2P_1 P_2 \cos(\theta_2 - \theta_1)}} \quad (6-7)$$

$$\alpha = 90^\circ \pm \cos^{-1} \left[\frac{P_M \sin(\theta_2 - \theta_1)}{P_2} \right] \quad (6-8)$$

由于加网线数与线距互为倒数，因此若用 N_1 和 N_2 表示加网线数，则式 (6-7) 和式 (6-8) 可进一步改写为

$$N_M = \sqrt{N_1^2 + N_2^2 - 2N_1 N_2 \cos(\theta_2 - \theta_1)} \quad (6-9)$$

$$\alpha = 90^\circ \pm \cos^{-1} \left[\frac{N_2 \sin(\theta_2 - \theta_1)}{N_M} \right] \quad (6-10)$$

当两个色版采用相同的加网线数 (N) 时， $N_1 = N_2 = N$ ，并令 $\theta = \theta_2 = \theta_1$ ，则式 (6-9) 和式 (6-10) 可简化为

$$N_M = 2N \sin \frac{\theta}{2} \quad (6-11)$$

$$\alpha = 90^\circ \pm \frac{\theta}{2} \quad (6-12)$$

三、龟纹的防止

由上面的分析可知,当叠加周期性的图案时一定会出现龟纹,但只要按龟纹的周期取最小值(空间频率为最大值)或使龟纹周期大到超过纸张宽度来设定加网条件,则可防止龟纹的出现,至少可降低龟纹对印刷品的影响。

1. 数字加网图像龟纹的防止

早期的有理正切加网只能产生 $\pm 18.4^\circ$ 的加网角度来代替 $\pm 15^\circ$ 和 75° 加网,但随着数字加网技术本身的发展以及计算机(尤其是个人计算机)运算速度的提高,出现了超细胞结构加网技术,这样可以使加网角度精确地逼近 $\pm 15^\circ$ 。现在,用超细胞结构加网已变得十分普及,每一家生产 RIP 的厂商在对彩色图像加网时都可采用这一算法。因此用现代超细胞结构加网技术可将龟纹控制在最小的范围内。

2. 扫描带网图像(印刷品)龟纹的预防

在用扫描输入设备将已加网的图像(印刷品)扫描到图像处理系统时,经常会出现龟纹。在扫描加网过的二次原稿时,可采取下述两种措施。

① 采用高分辨率扫描,以降低网点被扫描时的变形。

② 采用使龟纹的空间频率成最大的扫描分辨率。最大扫描分辨率与加网线数和加网角度有关,可通过下述公式计算

$$\text{dpi} = n \times \text{lpi} / (2 \cos \alpha) \quad (6-13)$$

式中, dpi 为建议采用的扫描分辨率; n 为扫描时在两个对角网点间取用的扫描线数; lpi 为印刷品的加网线数; α 为印刷品的加网角度。

下面给出一个具体例子。在报纸印刷中,通常采用 65 lpi 加网,对这样的加网线数,将本方法应用于 45° 加网角度时,若采用 $n=9$,则扫描分辨率为 $\text{dpi} = (65 \times 9) / 1.414 = 413.7 \approx 414 \text{ dpi}$; 仿此可得当 $n=11$ 、 $n=13$ 、 $n=17$ 和 $n=21$ 时应该使用的扫描分辨率分别为 506 dpi、598 dpi、781 dpi 和 965 dpi。

3. 用打印机打印彩色图像时防止龟纹

商业彩色打印机通常采用下述方式处理:

① 按模拟信号记录彩色密度,例如彩色热升华打印机;

② 按数字信号将彩色密度转换成网点再记录。

打印机在输出图像时的网点化(加网)与印刷时的加网不完全相同。在利用彩色打印机输出图像时,可利用打印机良好的位置记录精度将各色版的角度固定(比如固定在 45°),并按网点记录位置成相反相位的条件叠合各色版,使各色版的叠合失去随机性。这样,色彩校正容易进行,因而使龟纹得以避免或控制。

四、阶调跳跃问题

1. 常规网点的不足

除了容易出现龟纹外,常规网点的另一个不足,是在网点开始搭接前后出现的阶调跳跃,其原因是印刷(压印)过程中油墨颗粒被挤压时发生的网点增大。图 6-16 分别说明了圆形网点、正方形网点和菱形网点在图像复制时阶调跳跃的情况,不同形状的网点出现阶调跳跃处的网点百分比也不同。

2. 网点接合

由于数字网目调加网工艺中各阶段的空间频率响应有限,故在阶调复制时在网点连接的角度处有角点范围不连续的趋势,造成网点的四个角依次搭接,而不是直接相连。不能像照

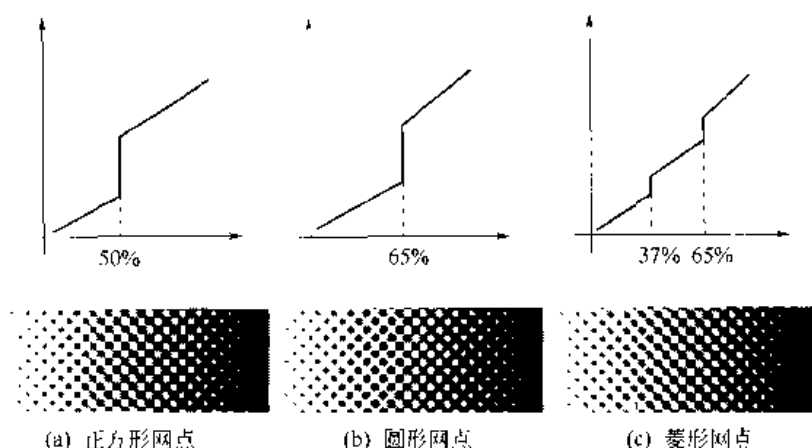


图 6-16 不同网点的阶调跳跃特点

相制版那样得到满意的网点接合，即网点接合在几何上是不对称的。这隐含了具有某些低空间频率的能量，从而使网点的边缘变得平滑（Missharpen），这一特点使得表现原稿细节有困难，操作时需要小心。为了避免这一情况的发生，有时可采用椭圆网点，这样可使角点两两相接，在 50% 的网点处形成 45° 链。在数字加网技术中可以实现这种类型的网点接合，见图 6-17。

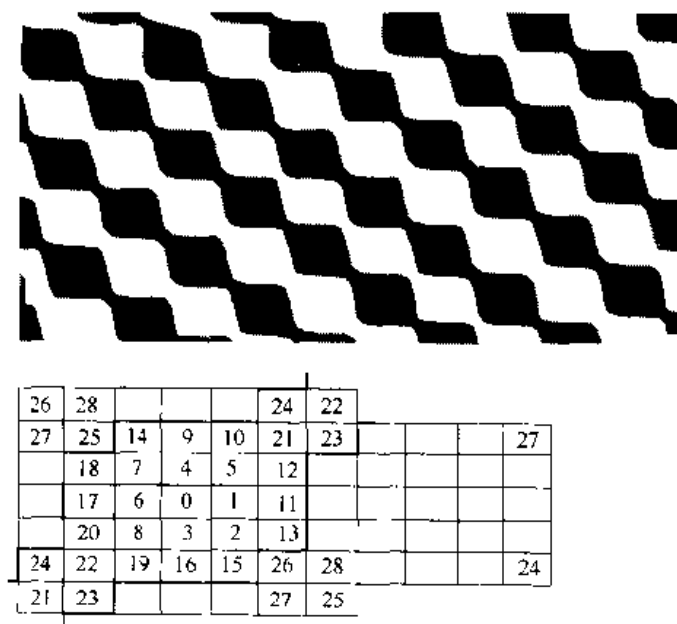


图 6-17 椭圆网点

3. 网点周长的影响

为了使网点排列更紧凑，更有效地表现原稿的阶调和层次特点，对具有相同面积的网点应该尽可能使它的周长最小。比如，同样是 50% 的网点，因形状的不同，产生的网点增大值也不同。显然，在同面积的网点中，圆形网点的周长最小，网点增大值也最小。

由于油墨的互相黏结（Cling），印刷时通常有网点增大的趋势。如果所采用的网点形状其凹角（Nook）和裂口（Cranny）越多，则网点的周长就越长，油墨可铺展的地方（面积）也越多。印刷时的网点增大就会越严重，复制出的颜色会变得越深（暗）。考虑到图像复制时的阶调跳跃现象是与印刷时的网点增大有关的（网点增大越严重，阶调跳跃现象将越明

显), 因此在分析阶调跳跃问题时不能不计入网点周长的影响。

4. 降低阶调跳跃的理想网点形状

在设计网目调网点时必须考虑的一个问题是网点开始彼此接触(在 50% 网点百分比处)时将发生什么现象。如果这一问题没有处理好, 将产生阶调跳跃现象, 并因此而使复制出的颜色发生偏移。

分析图 6-16 可知, 在彩色复制时为了尽量降低阶调跳跃, 理想的网点形状组合应该为: 在高光部位采用圆形网点, 在中间调区域使用菱形网点或椭圆形网点, 而在暗调部位则宜使用阴图型圆网点。因此, 在桌面制版操作时, 为了获得满意的阶调复制效果, 应该根据软件是否提供网点点型选择的功能, 按上述原则在不同的部位采用不同的网点形状, 力求将网点增大控制到最小。

第四节 网点增大及补偿校正

一、网点增大的概念和性质

网点增大是一个重要的印刷适性。其含义是指当油墨印在纸上时, 网目调网点的大小和形状可能会发生改变, 这是由于纸张的吸墨性和印刷机的速度引起的, 其结果是图像整体变黑, 从微观上讲也就是由于网点增大了。网点增大的程度人们使用“网点增大率”和“网点增大”两种概念, 其中网点增大率 = 增大后的网点值 - 原始网点值, 这种定义比较科学严谨。而“网点增大”概念是直接使用 50% 网点被增大后的绝对增大量来定义, 这种直接反映网点增大量的方法简单直观, 工艺性较好, 因此在诸如 Photoshop 的分色参数设定界面上就是使用“网点增大 (Dot Gain)”的概念来定义的。由于在实际工作中以上两个概念经常被混淆, 因此在设计和输出的过程中要和印刷厂的输出中心取得统一的概念。

现在以“网点增大率”概念来表述, 表 6-1 列出了不同大小的网点的增大率分布。可以看出: ①随着网点增大率的增加, 原始网点值的增大程度就越严重; ②对具有相同的网点增大率的不同大小的网点, 其增大后的网点大小(或者是网点增大的绝对值)基本上是呈线性增长的关系。在一般的胶印和喷墨输出过程中网点增大率的范围通常为 15% 到 35% 之间。

表 6-1 不同大小的网点的增大率分布

网点值	5%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	95%
增大率	1%	3%	8%	16%	27%	35%	26%	18%	9%	4%	1%

表 6-2 中所示是不同印刷方式下在中间调处的网点增大及其得到 50% 网点(增大后)所需原始网点大小。从中看出如果在印刷时预期网点增大为 10, 则 41% 的中间调网点大约产生 50% 的网点; 对于 15 的网点增大, 需要 36% 的网点以得到印刷时的中间调。这些数值对不同的印刷环境会有所不同。

表 6-2 不同印刷方式下中间调网点增大和 50% 网点(增大后)所需的原始网点大小

印刷方法	网点增大	原始网点大小
卷筒纸印刷机 / 铜版纸	15~25	36%~30%
单张纸印刷机 / 铜版纸	10~15	41%~36%
单张纸印刷机 / 胶版纸	18~25	35%~30%
新闻纸印刷	30~40	28%~25%

二、印刷网点增大及补偿措施

网点增大的直接效果就是使得印刷和打印的图像变得层次较暗和颜色较深，特别是中间调的这种效果最为明显，因此网点增大的补偿就变得十分重要了。印刷和打印过程中产生的网点增大与使用的油墨、纸张、印刷机及其它印刷工艺条件有关。在图像处理软件中，这一类网点增大的补偿措施应该在 CMYK Setup 对话框中指定。

1. 印刷网点增大及补偿措施

(1) 标准网点增大值和网点增大曲线 Photoshop 内置了一套标准的网点增大参数，它们对应于不同的油墨和纸张组合。

① 油墨和纸张组合 Photoshop 在进行数字分色时采用 SWOP (coated) 作为分色的默认设置，它指的是在铜版纸上用符合卷筒纸胶印出版物规范 (Specifications for Web Offset Publication) 的油墨印刷，在大多数情况下用这一方法可得到很好的分色结果。Photoshop 虽然把油墨和纸张组合简称为油墨颜色 (Ink Colors)，实际上指的是油墨种类，而且还包含了印刷时将要使用的纸张。每一种油墨纸张组合有不同的默认中间调网点增大值，这些数值是经过长期使用后统计出来的经验数字。

印刷业使用的纸张大体上可以分成三类，即涂料纸 (coated，又称为铜版纸)、非涂料纸 (uncoated，又称为胶版纸) 和新闻纸 (newsprint)。这三类纸张表面的平滑度、光泽度、吸墨性、抗水性和油墨转移特性等均不相同，印刷时所能再现的阶调特性、着墨量和油墨转移量也不同。

在大多数情况下，印刷所使用的油墨特征在同类型的不同打印机 (印刷机) 之间不会有太大的差别。例如，同种 Tektronix Phaser II 打印机使用同样的油墨，但是用到另一台打印机上时网点增大值可能有较大的差别。因此，对于同类型的不同打印机，需要修改的主要是按实际使用情况得到的网点增大值，而不是改变油墨种类。对于要在数字印刷机上使用的图像，分色时可能遇到同样的问题。

② 不同输出设备的网点增大 不同类型的输出设备有不同的网点增大规律，即使是同种设备也可能产生不同的网点增大。例如，黑白激光打印机的网点增大值要大大高于胶印机，其中间调的网点增大值通常在 35% 左右，喷墨打印机的网点增大则要低一些。

因此，对网点增大的控制不仅对在印刷机上印刷有意义，它对输出到打印机也是很重要的。虽然一般的打印机不属于 PostScript 打印机，它们不能识别分色设置参数，但设法控制其网点增大值对获得正确的图像输出却是十分重要的。

对非 PostScript 激光打印机或其它打印机的网点增大控制不能通过分色设置措施实现，但可以用某些颜色调整命令加以调节，例如用明亮度/对比度命令把图像调得亮一点，使得打印出来的图像不至于看起来很暗。

③ 不同油墨纸张组合的中间调网点增大值 油墨颜色清单中的每一种油墨纸张组合均有一套特定的中间调网点增大参数，这套参数是 Adobe 公司对不同油墨纸张组合下各个色版中间调网点增大值的估计，它来源于众多印刷公司对每一类油墨纸张组合的实际使用经验。对于用户来说，这些参数不仅起指导作用，在大多数情况下可以得到良好的分色结果。表 6-3 列出了 Photoshop 内置的全部油墨纸张组合各色版的中间调网点增大估计值。

④ 标准网点增大曲线 Photoshop 对油墨颜色清单中列出的油墨和纸张组合内置有一套默认的网点增大值，即每一种油墨纸张组合均有一个对各色版中间调网点增大的估计值，软件使用这一数值建立各色版的网点增大曲线，并对整幅图像进行网点增大调整。这样的网点

表 6-3 不同油墨纸张组合各色版的中间调网点增大估计值/%

油墨和纸张组合名称	青版	黄版	品红版	黑版
AD-LITHO(新闻纸)	33	30	30	30
Dainippon Ink	12	8	8	8
欧洲标准油墨(铜版纸)	13	9	9	9
欧洲标准油墨(新闻纸)	33	30	30	30
欧洲标准油墨(胶版纸)	19	15	15	15
SWOP(铜版纸)	24	20	20	20
SWOP(新闻纸)	33	30	30	30
SWOP(胶版纸)	29	25	25	25
东洋油墨(卷筒铜版胶印)	16	12	12	12
东洋油墨(铜版纸)	12	8	8	8
东洋油墨(无光铜版纸)	12	8	8	8
东洋油墨(胶版纸)	19	15	15	15

增大曲线称为标准网点增大曲线,它们是由软件提供的。中间调网点增大为 20% 时,各色版的网点增大曲线如图 6-18 所示。

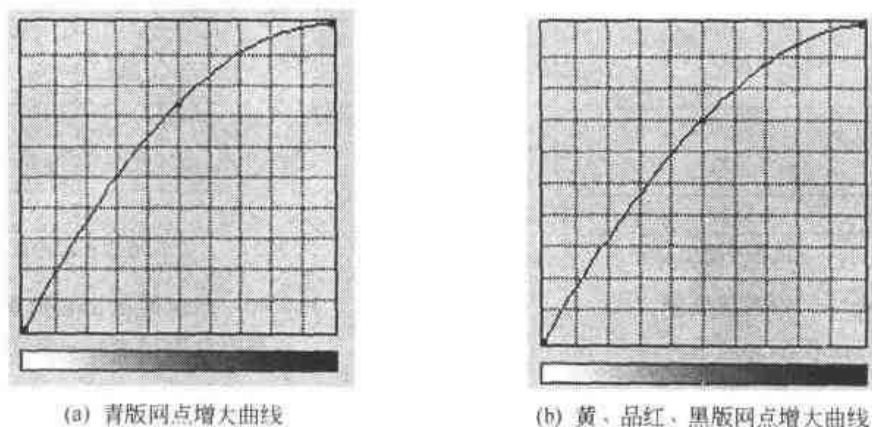


图 6-18 中间调网点增大为 20% 时,各色版的网点增大曲线

(2) 由中间调网点增大值自动建立网点增大曲线 如果用户认为自己的印刷工艺虽然采用了 Photoshop 的油墨颜色清单中的油墨纸张组合,但中间调网点增大不同,则可以在网点增大(Dot Gain)框中输入实际的中间调网点增大值,软件将用户输入的中间调网点增大值作为标准值自动建立网点增大曲线。

(3) 自定义网点增大曲线 若用户对软件建立的网点增大曲线不满意,则可以自定义网点增大曲线,即从网点增大清单中选择曲线,指定多达 13 个点各自的网点增大值,其它位置的网点增大值仍然由软件自动计算生成。

2. 输出设备的网点增大补偿

狭义地看,制版阶段的网点增大补偿只要解决照排机光学系统非线性引起的网点增大即可。但广义地看,应该对所有桌面系统输出设备的网点增大采取相应的补偿措施。

(1) 像素值与网点面积率的关系 当采用 8 位的位深度来描述图像中每一主色通道的一个像素时,每一像素点的数值在 0~255 间。一个灰度值为 0 的像素在转换成网点后,其网点面积率应该为 100%; 同样,灰度值为 127 的像素则应该被转换成面积率为 50% 的网点; 灰度为 255 的像素转换后的网点面积率为 0。可见,像素值越大,则转换得到的网点面积率越小(见图 6-19)。

(2) 输出设备非线性效应对网点尺寸的影响 图 6-19 给出的是像素灰度值与网点面积率的理想关系。但是, 由于输出设备硬件的非线性效应 (例如照排机的光学非线性) 和网点形状的几何非线性效应, 这种理想关系通常是不能满足的, 即实际输出时得到的网点可能比期望的网点大, 也可能比预期的网点小。

对于像照排机这样的记录设备, 输出时得到的网点通常要大于理想值, 这就是照排输出时的网点增大现象。一个灰度值为 127 的像素, 输出时在大多数情况下是不会得到 50% 的网点的, 很可能是, 一个面积率大于它的网点, 比如 58%。这样, 该照排机对中间调的网点增大值为 8%。为了获得更好的输出效果, 大多数输出中心要定期对照排机进行标定, 称为照排机的线性化, 其名称来源于照排机用传递函数补偿后, 像素的灰度值将与输出得到的网点尺寸保持线性关系。

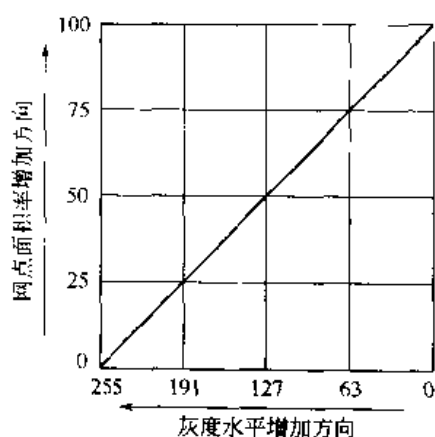


图 6-19 像素灰度值与
网点面积率的理想关系

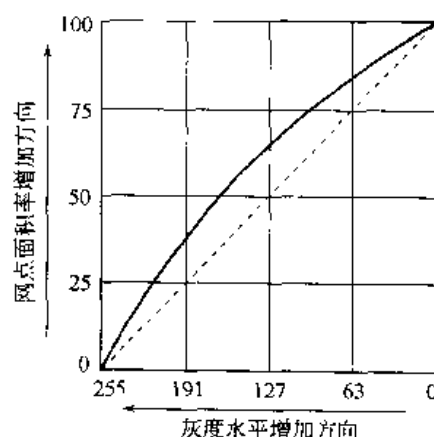


图 6-20 图像网点化时像素灰度值
与网点面积率的实际关系

图 6-20 给出了图像网点化时像素灰度值与网点面积率的实际关系。图中虚线（正方形的对角线）是像素值转换为网点的理想关系, 但实际关系总是一条偏离对角线的曲线, 当它向对角线右下方偏离时, 说明输出设备在对图像进行加网时将产生网点缩小现象; 当曲线向左上方偏离对角线时, 意味着输出设备得到的结果是网点增大。

(3) 传递函数的作用 数字图像用照排机这样的设备输出为网目调图像时, 网点的面积变化总会与理想值偏离, 这与照排机种类、冲洗软片所用化学药品的功效和配方、软片的类型和批量等有关。当然, 对制版后的印刷而言, 网点增大还涉及所使用的印刷机、油墨纸张以及印刷工艺等因素。

对与印刷工艺相关的网点增大因素应该在设置分色参数时解决; 对照排输出时的网点增大, 如果打算采用前端加网, 则可以用页面设置对话框中的传递 (Transfer) 项来调整。进入传递函数 (Transfer Function) 对话框后可以自定义传递函数, 这一函数用来标定和调整加网工艺, 确保得到与原图像一致的密度。

打印机也有类似于照排机的现象。对于打印机的网点增大, 补偿网点增大的措施除根据打印机标定数据定义传递函数 (适用于 PostScript 打印机) 外, 还可以用颜色和层次校正命令调整 (适用于非 PostScript 打印机) 或设置正确的分色参数 (适用于 PostScript 打印机)。

3. 用传递函数补偿网点增大

若使用的图像输出设备标定不当, 则在把图像转移到软片上时, 可能会发生网点的增大或缩小, 这可以用 PostScript 技术的传递函数 (Transfer Function) 予以补偿。此外, 若打

算对图像不同阶调区域的网点增大进行精确控制时，也可以使用传递函数。

(1) 传递函数与网点增大曲线的区别 传递函数很容易与分色参数设置对话框内的网点增大 (Dot Gain) 曲线混淆。分色参数设置时的网点增大曲线是为了补偿印刷后工艺条件产生的网点增大；而传递函数则是为了补偿输出分色软片时产生的网点增大，即前者适用于印刷过程，而后者则用于制版阶段。

(2) 传递函数的应用范围 在 Photoshop 中定义传递函数适用于下述两种情况。

① 前端加网 预先在软件中设置好加网参数，并根据输出设备标定数据定义传递函数，核准传递函数 (Transfer Function) 对话框中的“覆盖打印机默认函数 (Override Printer's Default Functions)”项，把图像存储为 EPS 格式，并核准 EPS Format 对话框中的“包括传递函数 (Include Transfer Function)”项。这意味着，图像在照排机上输出时，将采用在 Photoshop 中定义的传递函数，而不采用照排机本身的传递函数。

Adobe 公司竭力建议用户使用照排机制造商提供的标定软件或第三方的照排机标定设备 (例如 Kodak 公司的 Precision Color) 对照排机进行标定，即建议采用后端加网的方法输出图像，因为由照排机制造商或供应商提供的标定软件更符合设备的实际情况。

② 用 PostScript 打印机直接输出图像 当采用 PostScript 打印机在 Photoshop 软件中直接输出图像时，同样可以根据打印机的标定数据定义传递函数，且需要核准 Transfer Function 对话框中的“覆盖打印机默认函数”项。对于用非 PostScript 打印机或后端加网输出图像的场所，定义传递函数是没有意义的。

(3) 传递函数的定义与调整 传递函数允许用户沿图像主色通道的灰度变化方向定义 13 个数值 (见图 6-21)，建立自定义的传递函数曲线。从图 6-21 可以看到，Photoshop 允许对每一色版定义传递函数曲线。当然，这实际上是照排机的网点增大曲线。

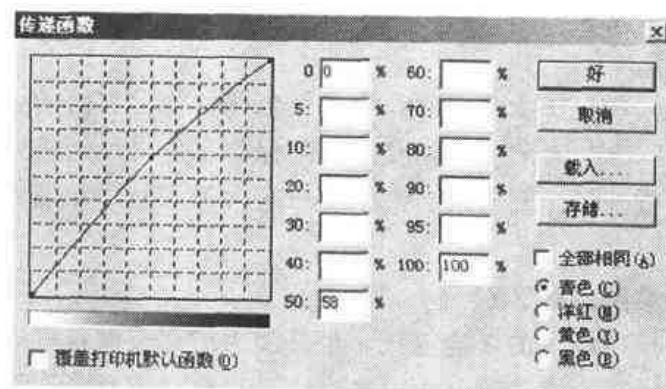


图 6-21 传递函数的定义与调整

传递函数的定义应遵循下述步骤：

① 在计划使用的输出设备上输出一幅在 C、M、Y、K 四色通道内均包含 13 个灰色块的图像，得到四色分色底片；

② 用透射密度计记录四色分色底片上相应色块的密度值，并把它们换算为网点面积率；

③ 点击页面设置 (Page Setup) 对话框中的传递 (Transfer) 钮，进入传递函数 (Transfer Functions) 对话框；

④ 计算所要求的调整量，将它们输入相应的框中 (以百分比表示)。例如，若像素值为 127，它本来应该被输出为 50% 的网点，但照排机却按 58% 网点输出。为了对此网点增大进行补偿，应该在对话框的 50% 文本框中输入 42% (50% ~ 8%)，则照排机就会以用户所希

望的 50% 网点输出。

在输入传递函数值时,需记住所用图像最终输出设备(印刷机)的密度范围。在一台高精度的照排机上可以生成一个很小的高光网点,但是,对于印刷机而言,一个很小的高光网点可能太小以致不能保持住油墨;况且,这样小的网点也许在晒版时就损失掉了。类似地,如果超过一定的密度水平,则在印刷时暗调网点也许填充成了实地,从而损失暗调区域的细节。

第五节 调频加网与高保真彩色印刷

彩色数字式印前技术的最终目的是以最好的方式印出最好的印刷品。虽然印前技术的发展十分迅速,然而印刷过程、印刷工艺和印刷设备却保持了相对的稳定性。讨论数字印前技术,实际上就是讨论彩色桌面图文制作系统中与印刷过程密切相关的那些概念、参数和具体的操作。

常规加网技术的特点是通过改变网点面积的大小来表现图像的浓淡层次变化,称为调幅网点(Amplitude Modulated Screen, AM)。它具有几十年的生产历史和成熟的生产工艺、材料,是迄今为止印刷业中采用的加网技术主流。

随着高精度激光照排机的出现,超高速电脑技术的迅速涌现和数字加网技术本身的发展,采用 PostScript 技术实现全数字化加网已经成为普遍接受的标准技术。网点生成技术也已经从模仿再现传统网点进入技术创新并领导新潮流的阶段。从 1992 年开始出现的随机网点(Stochastic Screen),以及随之而来的高保真彩色技术,已经成为新一代彩色印前技术的突破点。1993 年 4 月,当 AGFA 和 Linotype-Hell 首次展示采用随机网点的印刷样张时,这项技术还局限于个别公司的特定产品,但到了 1994 年 3 月,这项技术已经被各主要印前设备制造厂商普遍掌握。更重要的是,随机网点技术进入了桌面系统,具有大规模推广的巨大潜力。

随着随机网点进入大规模工业实验,产生了彩色印刷技术方面的一个新课题,这就是被称为高保真彩色(Hi-Fi Color)的一项新技术。高保真彩色采用随机网点,使用超过七色的分色技术,在色彩再现范围、印刷密度、清晰度和层次等方面与常规加网技术相比都有更大的扩展和改善。

一、调幅网点与调频网点的区别

调频网点的出现受到印刷界的普遍重视,这是因为用调频网点可以实现图像的高分辨率印刷,采用调频加网技术不会在印刷品中出现龟纹,更容易实现图文合一处理等。随着与调频加网技术相匹配的材料及工艺等外部条件的逐步完善,调频加网将成为一种重要的加网方式,为人类提供更高质量的印刷品。

前面提到的随机网点又称调频网点(Frequency Modulated Screen, FM),它是相对于常规网点而言的。从这个意义上讲,常规网点应该被称为调幅网点(Amplitude Modulated Screen)。这两个名词来源于无线电技术中对电波信号的处理方法。

调频加网技术产生的网点与传统加网技术或常规数字加网技术产生的网点相比有不少区别,这些区别形成了这两种网点的不同行为特征。为了与调频网点区分,在本章中将传统网屏产生的网点和数字加网产生的网点均称为常规网点。

(1) 传统的网点是以改变网点面积大小的方法来表现原稿的颜色和层次变化。

原稿中色调深的部位用面积大的网点来表达,而色调浅的区域则用面积小的网点来描

述。加网方式经历了从照相加网→电子加网→数字加网的发展过程，但无论采用哪种加网技术，产生的网点与传统的玻璃网屏或接触网屏产生的网点具有相同的行为特征：网点的空间频率以及单位面积上网点数量是恒定不变的，网点面积的改变本质上是网点强度信号（振幅）的改变。因此，常规加网技术用调制网点幅度的方法表现图像的阶调和层次变化，这是把它称为调幅网点的主要理由。

（2）调频网点的主要特征是网点面积固定不变，它通过改变网点在二维空间中的分布密度（网点出现在区域中的密集程度）来表现原稿色调。

调频网点在二维空间中的分布是随机的，即对于同样的原稿阶调，网点在一个区域中的出现的频率通常是不一样的。由于网点在区域中的随机分布特性，不能用网点的大小（幅度）这个物理量来描述，应该改用频率来描述，它表示了网点的频率特征。

（3）调频网点有两种基本类型。

一种是每个网点大小（面积）一定，仅网点的空间分布随机变化，称为一级调频网点（First Order FM Dot）；另一种是网点面积和空间分布频率均在变化，被称为二级调频网点（Second Order FM Dot）。图 6-22 给出了这两种调频网点的示意图。

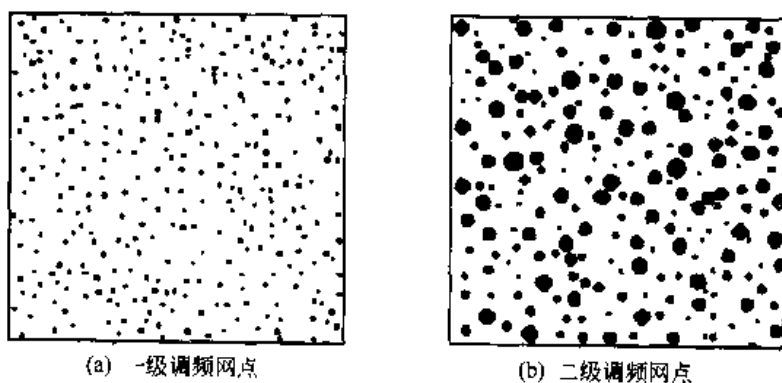


图 6-22 一级和二级调频网点

二、调频网点的制印特点

由于调频网点非常小，且网点的分布是随机的，每次扫描同一原稿或对同一 CMYK 图像进行分色时，网点是由计算机控制随机发生的，按原稿（或分色图像）各区域的密度不同，网点出现的频率也不同。但从整个画面看，网点的分布又是有规律的，因此不存在加网角度问题。从上面叙述的调频网点特性可知，调频网点的复制效果相当好，不用担心出现龟纹。用调频网点复制原稿可以达到很高的精度，原稿的清晰度、浓淡色调的细微层次可得到很好的再现。

1. 分辨率与复制精度

在调幅加网技术中，通常用加网线数（lpi）表示网点图像复制原稿的精细程度。线数越高，则复制精度也越高。对调频加网技术而言，是用网点分布的密集程度即单位长度内的网点数量（dpi）表示加网图像复制原稿的精细程度。但是，无论是调幅加网还是调频加网技术，网点在二维空间中分布的每一个记录栅格均是组成图像的基本单元，两种加网图像的输出精度需要由它来保证。

为了获得足够的明暗层次和阶调变化，对于常用的 256 阶灰度等级，调幅网点必须具有表达 256 个不同面积变化的能力。为此，每个调幅网点应该由 16×16 个设备像素组成一个记录点阵，该记录点阵中每个元素的空间尺寸大小取决于输出设备激光光束的直径，它就是

输出设备的记录分辨率。同时,用于记录调幅网点的材料(例如胶片)也应该具备这样的能力。例如,对 175lpi 的调幅加网图像,它对照排机激光光束的直径要求为

$$d \leq 1/(175 \times 16) \text{in} = 3.57 \times 10^{-4} \text{in} = 9.07 \mu\text{m}$$

或要求照排机的记录分辨率 $\geq 2801 \text{dpi}$ 。可见要获得 175lpi 的调幅网点(256 阶灰度等级),其系统的最低分辨率必须大于 2801dpi。

由上面讨论可知,调幅网点表现图像细微层次的最基本单元由加网线数决定,而加网线数远远低于系统的最终分辨率。因此,为了获取足够的层次表现能力,需要以牺牲输出设备的分辨率为代价。例如,若输出设备的记录分辨率为 3600spi,则为了复制出图像的 256 个灰度等级,则输出时设备的记录分辨率降低为 225lpi (3600/16)。

调频加网技术,由于网点既是表达图像颜色的“元素”,也是表现图像细微层次的最基本单元。因此,在输出设备分辨率相同的条件下,调频网点比调幅网点具有更高的细微层次表达能力。通常,1000spi 记录分辨率的调频网点印刷效果要用 4000spi 的传统网点记录分辨率才能达到。这意味着,可以用较低记录分辨率的设备获得高精度的分色结果。

表 6-4 给出了照排机记录分辨率、常规加网线数和调频加网在同样条件下可达到的分辨能力(这相当于常规加网技术的加网线数)。

表 6-4 调频加网与常规加网的比较

照排机记录 分辨率 (spi)	可用常规 加网线数 (lpi)	调频网点 直径/ μm	调频网点印刷品 效果分辨率 (lpi)
1200	50~100	35	100~150
1800	100~150	28	150~200
2400	100~200	21	200~300
3600	200~300	14	300~400
4800	300~400	7	400~600

2. 复制清晰度及其它

(1) 清晰度 用调幅加网技术复制图像时,印刷品的清晰度取决于加网线数的高低。加网线数越高,则对同一灰度值的像素将获得更小的网点面积,当然其清晰度也越高。但是,过高的加网线数不仅导致记录网点的困难,对晒版和印刷工艺也提出了太高的要求。因此,为了复制出原稿中的细微层次变化,提高图像复制的清晰度,需要采用合理的、符合目前复制工艺的加网线数(这个线数不能太高),然后对图像用 USM 滤波器做细微层次强调。

调频加网采用的网点面积通常都很小,这相当于在调幅加网技术中采用很高的加网线数,从而提高了图像的清晰度。因此,当采用调频加网技术分色时,可以少用细微层次强调,有时即使不用,加网效果也相当好。只要调频网点足够小,产生的印刷品可以达到非常逼真的程度。

(2) 渐变色调效果 采用调幅加网技术时,对颜色的渐变部分必须用面积连续变化的网点来表达。但是,常规网点在面积渐变的过程中往往会产生阶调跳跃现象。尤其是正方形网点,当其面积变化到 50% 时,网点的四个角开始接触,阶调跳跃特别明显。

调频网点从结构上看是不规则的组成,而且比较纤细,因此用它来表达的颜色渐变过程平缓,可获得理想的颜色渐变复制效果。

(3) 龟纹问题 龟纹的产生是由于两个或多个有规则排列的网点图案交叉成一定角度叠加,因网目版间的遮光和透光作用产生莫尔条纹。但是,调频网点不满足莫尔条纹产生的条件,因为调频网点在二维空间中是随机分布的。对同一幅原稿(或分色图像),每次扫描

(或加网)时网点的分布是随机的,因此不存在加网角度的问题。由此推得,用调频网点来复制图像,没有龟纹,也不会产生玫瑰斑,故而复制的图像的清晰度特别高,细微层次的再现能力强。

调频网点不仅避免了在印刷品上出现龟纹,也避免了多色网点油墨堆在一起呈现灰色而影响彩色图像的复制效果。

(4) 颜色复制能力 调频网点在二维空间中的分布是不规则的,它不存在加网角度问题。对印刷工艺而言,其积极意义是可以在印刷时采用超过四色的油墨,比如增加几种专色或其它颜色。目前,高保真彩色印刷通常采用七种油墨复制图像,这样可大大减小印刷品与原稿颜色的差距,提高颜色复制能力。调频网点的色彩再现范围广,能产生常规四色印刷无法实现的特殊印刷效果,大大扩展了印刷技术能表现的色域范围,许多四色印刷不能复制的颜色可通过调频网点复制。

另外,由于调频网点作不规则分布,可避免网点相互重叠,油墨也可以尽量直接印在承印物上,故使用较大的墨量,也可起到增加色彩效果的作用。

(5) 生产效率 采用调幅加网技术时,为了满足在 45° 加网方向有足够的像素,故扫描时需要提高分辨率(通常是加网线数的二倍)。这样,图像存储量将增加为用加网线数扫描的4倍。如果用调频网点加网,则只要采用加网线数扫描就够了。理论上,需要多大的调频网点来再现原稿,就用相应的分辨率扫描。大量工业实验也证明,可以采用1:1规则完成扫描,可达到与常规加网技术相同的复制效果。其结果是图像存储量减小,图像处理和排版的速度提高,输出需要的时间减少,从而提高印前作业的生成能力和效率。

三、调频加网工艺与存在问题

借助于现代电子计算机的高速运算能力,实现调频加网的速度瓶颈问题已不存在,但受到印前和印刷工艺的限制,需要予以解决。

1. 调频加网工艺

调频网点的产生借助于电脑软件来完成。因此,调频网点发生器与其它数字加网的网点发生器(电子网点软件)一样,可以存储在RIP内。

(1) 调频加网如何实现 完成排版后的页面输出时,可以从存储在RIP内的网点类型中选择调频网点加网。因此,一般的桌面系统均可使用调频网点。但是,不同生产厂商开发和设计的调频网点通常是不相同的,需要根据设备配置选用。

例如,AGFA公司的水晶网点既没有角度,也无点形差异,只有调频密度的选择,即2400dpi和3600dpi两种。据介绍,选择2400dpi时调频网点的直径为 $(1/2400) \times 25.4 \times 2 = 21\mu\text{m}$,即由四个激光光点组成一个调频网点,它相当于常规140lpi加网时1%的网点;3600dpi调频网点的直径为 $(1/3600) \times 25.4 \times 2 = 14\mu\text{m}$,也是用四个激光光点组成一个调频网点,相当于采用调幅加网方法200lpi的1%网点。

根据上述数据,可以选用适当的输出设备输出。例如,AGFA的SelectSet系列照排机有2400spi(激光光点直径 $10.5\mu\text{m}$)和3600spi(激光光点直径 $7.1\mu\text{m}$)两档记录精度,可以用于输出调频网点。

(2) 软片输出 由于调频网点极小,网点软件的开发者建议采用直接输出的胶片晒版。之所以不赞成拷贝,是因为调频网点在拷贝中比传统网点容易损失。若需要拷贝,采用阳拷贝的胶片拷贝,以不超过两次为佳。

(3) 关于调频网点技术的普及问题 目前,调频加网技术的普及尚存在一定困难,主要

原因如下。

① 调频网点对晒版和印刷等后工序的材料和设备要求很高，按我国现有材料和生产工艺还不能生产出满足调频加网技术的产品来。目前高档彩色印刷通常采用 175lpi 或 200lpi 的调幅网点印制，可成功转移的网点面积率范围在 2%~98% 间，这实际上已经是现有材料（印版、橡皮布、油墨和纸张等）用常规复制工艺能够达到的极限。调频网点图像通常由相当于 200lpi 调幅网点的 2% 或更小的网点组成，因此用现有材料和工艺实现调频网点的转移和复制是相当困难的。

② 所有工序都需根据调频网点的特点，按数据化管理，为调频网点制定出新的工艺规范，并采用新的测量方法评定印刷品质。例如，用放大镜来观察传统调幅网点大小的经验做法将会淘汰。

③ 成本因素。采用调频加网技术后，为适应新的生产工艺，需投入相当的资金用于购置新设备和测量仪器等。此外，也需要购买更好的纸张和油墨。

2. 采用调频加网技术可能发生的问题

在数学上，借助于现代电子计算机的高速运算能力，实现调频网点产生的算法可以有多种。但调频加网的工业应用，则不仅仅是一个数学问题，或者说主要不是数学问题，而是与印前和印刷诸工艺有关的技术问题，以及随之而来的印刷材料和印刷设备问题。由于这些问题的存在，制约了调频加网技术的工业应用。

(1) 打样 目前通用的打样技术，有些尚不适用于调频网点。

(2) 晒版 由于调频网点过小，这样就带来了与晒版再现有关的一系列困难。典型的调频网点直径在 15~25 μm 之间，通过计算可知，20 μm 相当于 100lpi 印刷品中 1% 大小或在 200lpi 印刷品中相当于 2% 大小的常规网点。若在晒版中小点未能晒实，对常规网点而言可能只损失了高调区的小部分层次；但在调频加网情况下，则会失去包括中间调在内的大部分图像。

(3) 网点增大规律 印刷过程中的网点增大是不可避免的。印刷过程中产生的网点增大是物理学边缘效应的一种，网点增大值与单位面积中的网点周长成正比。对于同样面积的网点，调频网点的周长总和要比调幅网点大。因此，调频网点的网点增大值要高于调幅网点。与常规网点相比，调频网点增大值在 20%~40% 之间，这比常规网点增大值高 20% 左右。这一问题可在分色时予以补偿。

(4) 无法修版 常规加网技术中可采用加厚和减薄等化学修版技术调整，但这些技术对调频网点的版面难以控制，故无法使用。

(5) 复印困难 采用调频网点印刷出来的印刷品，虽然能接近连续调原稿的效果，但由于图像部分的墨点太小，给复印及传真等图像复制方法带来相当的困难。

(6) 无成型工艺 目前，西方采用调频网点的印刷厂，仍处于工艺调整和摸索期。有关印刷材料的供应商（例如胶片、套药和 PS 版等）亦处于产品调整和新产品开发阶段。成套工艺的产生，包括解决耐印的材料等，还需要一段时间。尽管还存在一系列工艺问题，但从初步的工业实验效果和用户反映来看，大规模地将调频加网技术应用于印刷业不再是遥远的事了。

调频网点的主要市场目标是针对质量要求很高的客户及那些接受新技术、并期望有特殊印刷效果的厂商。除了打样不够准确和对晒版工序要求较为苛刻外，采用调频网点后印刷反而比较容易，而且套印精度对色彩和清晰度的影响较小，在错位达 1/16in 时，仍能保持灰

平衡不变。

四、常规高分辨率加网与调频加网的比较

1. 常规高分辨率加网与调频加网的比较

尽管调频加网技术具有不少优势，但仍然有不少人对常规加网技术情有独钟，因为：

① 就从胶片到印版的转移过程而言，采用高线数加网不比调频加网更困难；

② 当选择常规加网方式时，采用细网也能像使用调频网点那样精确地得到细微层次再现和接近于连续调原稿的效果。

(1) 实际需要的加网线数 人眼的分辨能力受制于视网膜上光感受器的距离，由此距离产生视角，按这个视角，人眼恰好能分辨出两条线。现在的问题是人眼在每厘米内能分辨出多少个网点，这与观察距离有关。人们看手中拿着的图像或放在桌子上的图像，其观察距离在 20~40cm 之间。从 40cm 这一距离可算出，人眼可辨别 57 线/cm (约 145lpi) 印刷品中的两个网点；如果观察距离是 20cm，则能辨别出 2 倍于 57 线/cm 印刷品的网点。由此关系可得，为了模拟出连续调的效果，需要的加网线数约为 120 线/cm。但在多色印刷中会产生玫瑰斑，即网点沿一个圆周排列。这意味着，玫瑰斑结构在一个较远的观察距离内还是可以作为一个点型被看出来。因此，若在 30cm 的观察距离内不应看出玫瑰斑结构，那么加网线数就不应该是 77 线/cm，而应该是 154 线/cm。这就是说，只有用更高的加网线数才能完全模拟连续调。

(2) 尖细点的再现 所有的加网印刷方法均存在着尖细而孤立存在的网点，不可能毫无损失地被转移到印版上。虽然采用现代的高分辨率版材使可转移的尖细点变小，但在采用 80 线/cm (约 200lpi) 左右的加网线数时，问题仍不容忽视。小网点在转移到印版上时不可能没有损失，这与印版曝光时产生的底部扩散有关。这样的扩散会使网点缩小，甚至被晒丢。

调频网点的大小是相同的，网点损失基本上出现在网点间距较大的部位（即出现在高光区域）。有关胶印细网点转移状况的研究表明，在理想的工艺条件下，直径为 $10\mu\text{m}$ 的网点可以完整地转移到印版上，而且可以被印出来。但前提是，晒版时要尽可能采用更短的曝光时间。而这在实际中是行不通的，因为曝光时间太短，会使所有的胶片边痕和胶带印子连同图像都晒到印版上，这就需要修版作业来加以修正。

虽然阴图印版在曝光后不需要修版，但是，出于对印版的最佳分解，还有必要曝光，以获得为正式印刷所要求的印版涂层硬度。由此而引发一个问题，即能够准确转移的网点最小直径究竟应该为多大。

对标准的晒版条件，可以认为在 60 线/cm 下 2% 左右网点百分比的网点肯定能转移到印版上，此时的网点直径大约为 $25\mu\text{m}$ 。如果曝光时间合适，用分辨率高的阳图版还能晒出直径为 $15\mu\text{m}$ 的网点。表 6-5 给出了标准晒版条件和合适晒版条件下能晒出的阶调值（这里所指的合适晒版条件指的是曝光时间合适和采用高分辨率的阳图版）。

表 6-5 不同晒版条件下能晒出的阶调值/%

加网线数 /(线/cm)	合适晒版条件 (网点直径 $15\mu\text{m}$)	标准晒版条件 (网点直径 $25\mu\text{m}$)	加网线数 /(线/cm)	合适晒版条件 (网点直径 $15\mu\text{m}$)	标准晒版条件 (网点直径 $25\mu\text{m}$)
60	0.6	1.8	100	1.8	4.9
70	0.9	2.4	120	2.5	7.1
80	1.1	3.1	150	4.0	11.0

从表 6-5 可以看到, 在标准晒版条件下, 最小网点直径为 $25\mu\text{m}$ 、加网线数超过 100 线/cm 时阶调值已经有较大的损失。但是, 如果采用特别合适的晒版条件, 还能在 150 线/cm 的加网线数下晒出需要的网点, 阶调没有多大的损失。

目前采用的调频加网技术, 对铜版纸而言使用的网点直径在 $14\sim 20\mu\text{m}$ 间, 晒版条件符合要求, 则 1% 左右的阶调值可以再现。因此, 调频加网比 100 线/cm 以上的传统高分辨率加网在阶调损失上要小一些。

(3) 网点增大 如果在标准条件下以 60 线/cm 加网线数在铜版纸上印刷, 则胶片上网点百分比为 50% 时网点增大值为 18% 左右。这一网点增大值由下述三个因素造成, 即晒版时底部受光、网点印在纸上时油墨渗透到纸张以及墨膜的机械扩张。

当用阳图片晒版时, 60 线/cm 的网点底部受光后造成网点减小 3%; 在用阴图片晒版时, 其结果刚好相反, 会使网点增大 3%。在标准胶印条件下, 墨膜的机械扩张大约为 6%, 而与油墨渗透相当的网点增大值为 15%。若提高加网线数, 由于前述因素的影响, 网点尺寸变化还要大一些。由于底部受光而导致的阶调损失可以由墨膜的机械扩张得到补偿。但从总体上看, 如果将加网线数由 60 线/cm 提高到 120 线/cm, 则网点增大值将由 15% 提高到 30% 左右。表 6-6 给出了不同加网线数下的网点增大。

表 6-6 不同加网线数下的网点增大

项 目		60 线/cm	80 线/cm	120 线/cm
晒版 印刷 过程	底部受光	-3	-4	-6
	墨膜机械扩张	+6	+8	+12
	油墨渗透	+15	+19	+23
总 计		+18	+23	+29

随着加网线数的提高, 在同样的条件下会导致网点增大值增加。可以这样认为, 在网点缩小的同时, 墨膜的扩张会增大。在标准胶印条件下, 若实地密度波动在 ± 0.10 密度范围内, 当采用 60 线/cm 加网时, 网点增大的波动在 3% 左右。随着加网线数的提高, 网点增大的波动也敏感地加大, 当加网线数为 120 线/cm 时, 这种波动可达 $\pm 6\%$ 。这意味着不再有什么余地控制图像质量。

调频加网同样有网点增大的问题, 但规律却不同于传统加网技术。如果用所谓的周边区域理论, 即以网点周长的变化来度量网点增大 (阶调变化), 则调频网点的增大值比 120 线/cm 加网的网点增大还要高。通常, 网点增大在中间调部位最高, 但是调频网点在中间调部位不是单个出现的而是聚集在一起。如果按周边区域理论计算调频网点在中间调部位的周长之和, 则其数值不会比 120 线/cm 传统加网的网点增大高, 这是因为调频网点的网点增大波动不敏感。

数字加网技术产生的网点由许多更小的点群组成。用多少个激光光点组成一个网目调单元, 与记录设备的分辨率有关。假定激光照排机的记录精度为 1800spi, 则制作 60 线/cm 的网目调单元通常用 144 个设备像素构成; 当加网线数, 提高到 80 线/cm 时, 则只能用 81 个设备像素组成一个网目调单元; 当加网线数提高到 120 线/cm 时, 只能采用 36 个设备像素组成一个网目调单元了。这一特性说明, 在相同的设备记录精度下, 为了提高加网线数则必须损失可复制出的阶调范围 (灰度级数)。表 6-7 给出了不同记录精度和加网线数条件下可复制出的灰度级数。

表 6-7 不同记录精度和加网线数条件下可复制出的灰度级数

加网线数/(线/cm)	输出设备的记录精度(spi)		
	1800	2400	3600
60	144	256	576
70	100	169	400
80	81	144	324
100	49	81	196
120	36	64	144

现在, 激光照排机以 2400spi 记录图像的阶调值已经不再稀奇, 按流行的图像输入和处理作业考虑, 图像中每一颜色的灰度级数为 256 是比较恰当的。因此, 在设备的记录精度为 2400spi 的条件下, 当加网线数在 60 线/cm (152lpi) 时刚好能复制出原图像的全部阶调, 高于这一加网线数时不得不以牺牲可复制出的阶调为代价。

对于调频加网技术, 这样的问题是不存在的。调频加网技术采用的设备记录精度为 1200spi 或 1800spi 时可获得很好的复制质量, 能很好地模拟连续调的效果。

2. 调频加网工艺的优缺点

(1) 调频加网的优点

与调频加网技术相比, 传统加网技术如果采用较高的加网线数, 则仍然比不上调频加网技术, 主要理由如下。

① 传统加网技术因玫瑰斑结构的存在而降低了复制效果。采用 120 线/cm (305lpi) 进行传统加网, 由于玫瑰斑结构的存在, 即使用这样高的加网线数还是不能真正地模拟连续调。

② 调频网点有较高的细节和层次表现能力, 究其原因这是由于较小的印刷网点可以创造较多的图像细节的缘故。虽然调频加网技术在图像的高光部位也有损失, 但用直径为 $15\mu\text{m}$ 的光点能毫无困难地复制出 1% 的阶调值。而传统加网技术, 即使采用 100 线/cm 的加网线数, 仍然不能复制出 1% 的阶调值, 这一技术只有当加网线数达到 120 线/cm (305lpi) 时才能复制出 3% 的阶调值。若在标准的胶印晒版条件下曝光, 对 120 线/cm 加网, 只能复制出 7% 的阶调值。

例如: 在一个输出分辨率较低的数字打印机上; 使用调频加网和调幅加网分别对同一幅灰度图像进行打印, 结果在灰度色阶和清晰度的效果上, 调频比调幅好得多。因此, 对于只有中低档分辨率的喷墨打印机和相近类似的打印机, 用这种技术来提高性能是非常合适的, 所以目前几乎所有的喷墨打印机都是使用调频加网技术来进行输出加网。

③ 可复制的阶调数目 若输出设备的记录精度不超过 2400spi, 则在高加网线数下能复制的阶调范围是有限的。当记录设备的精度达到 3600spi 时, 采用高加网线数才能复制出需要的效果。

④ 龟纹问题 当采用高加网线数时, 加网角度的准确性不容易得到保证, 这时不得不考虑到龟纹的问题。当然, 如果采用传统加网技术在高加网线数下加网时, 加网软件和算法相当完美, 则龟纹的产生可望得到避免。但是, 当采用调频加网技术时, 却不会出现受系统制约的龟纹现象。

⑤ 色域范围 由于网点分布的随机性, 就可以用较高的油墨密度增加色调范围和对对比度, 还可以使用黄、品红、青、黑以外的颜色扩大色彩的色域范围, 这为高保真印刷奠定了

基础。

总而言之，用高加网线数采用传统加网技术虽然能够达到类似于调频加网能达到的目标，但它在系统上受到制约，而调频加网技术是不会产生这样的问题的。

(2) 目前调频加网在印刷适性方面的局限性

① 具有颗粒感，尤其是在高光部分和 25% 左右的阶调处，给人一种砂纸外观的不舒服感觉。目前，一些软件通过使用较小和较淡的随机网点以及柔化原稿来减轻这种效果。

② 调频加网后打印的效果比调幅加网的效果要深一些，尤其在中间调。这是由于调频网点比调幅网点小得多并离散存在，网点周长比调幅网点的周长小，网点增大效果比较严重。因此，准备打印的数字图像必须补偿网点的增大，而且要比调幅网点的补偿程度要高。

③ 调频网点有时会在色彩和密度都很均匀的区域出现斑点。这种斑点是对图像总体质量一种潜在的破坏。

④ 调频网点实在太小，特别是对由照排机输出的较高细度的调频网点。由于网点太小，打样、复制、晒版都比较困难，许多印刷机在普通的纸张上根本无法正确地印刷出这些单个离散的小网点。即使在好的环境下可以使用调频加网，也需要比调幅加网更细致的工艺控制和监测。如目前通用的打样技术，有些尚不适用于调频网点。另外，由于图像部分的墨点太小，给复印及传真等图像复制方法带来相当的困难。目前，调频加网主要被广泛地应用于黑白与彩色喷墨打印机上，由于喷墨打印点可直接作为调频网点，又由于调频加网的细节表现力较好，特别适合喷墨印刷这种中低分辨率的应用，也正是这种技术使喷墨印刷成为数字印刷的后起之秀。相反，由于工艺处理上的困难和高调处的颗粒极其均匀区域的斑点等缺陷的限制，目前调频加网在传统的胶印工艺上还应用比较少。不过，随着计算机加网算法的发展，目前出现了一种所谓混合加网的新技术，它将调频和调幅加网技术的优点结合起来，形成应用于同一张图像上的混合加网，在色调均匀的区域，尤其是在高光区，调幅加网能产生更平滑的外观。而对于高细节成分，调频网点效果更好，从而使整体效果达到更佳。毫无疑问，今后调频加网的优点将会被充分利用在平版印刷之中。

另外随机网点多数情况下是单个墨点，对于一些很难印刷单个墨点的设备（如激光照排机或其它静电复印式的打印机），就不能使用随机网点。因此彩色激光打印机都使用调幅网点，不过目前彩色激光打印机的分辨率可以达到 1000lpi 以上，因此调幅加网的彩色图像效果相当理想，它是除彩色喷墨打印机以外最有前途的一种机种。

五、高保真彩色技术

高保真彩色 (Hi-Fi Color) 或高保真印刷 (Hi-Fi Printing) 作为一个名词进入印前技术词典，始于 1993 年春季的 Seybold 研讨会。在这次研讨会上，AGFA 公司和 Hell 公司同时展出采用调频加网技术的印刷样张。美国的 Davis 公司在同一会议上开辟画廊，向观众展示了称为“高保真彩色”科研项目的初步成果。该科研项目的目标是探讨采用包括调频网点和多色加网等先进技术后带来的一系列理论、工艺和市场动向等问题。

1. 宜采用的基本色

常规分色技术将原稿颜色分为 CMY 三种基本色再加上黑色，这组成了常规印刷品可表示的色域范围。与天然色相比，这一色域范围小得多。换言之，在自然界中存在的大量颜色用四种油墨复合是表现不出来的。采用超过四色来制作印刷品，其主要目标之一便是为了增大印刷能表现的颜色范围，更逼真地反映自然界中的颜色。

高保真彩色技术面临的第一个问题是：在四色之外应该添加哪些颜色最好。对这一问

题, 似乎没有确定的回答。不同的印刷品有不同的表现主题, 则需要表示的色谱重点也不相同。但是, 从通用和实际工艺出发, 应当有基本的选择来适应大多数用户的需要。正由于这一问题的不确定性, 许多厂家制定了各自的标准 (见表 6-8)。

表 6-8 高保真彩色技术使用的基本色

名 称	基 本 颜 色	特 点
Kupper 色系	CMYK + 橘红、绿、紫	在色谱图中以覆盖范围的最大扩展为目标, 兼顾实用
Linotype-Hell VSF 色系	CMYK + 橘红、绿、紫	色谱表示范围比 Kupper 略大, 通过二次扫描完成分色
Pantone 六色系	CMYK + 蓝、紫	以尽可能包含 Pantone 色谱并再现 Ektachrome 胶片色谱为目标, 适应市场上众多的六色印刷机
Scitex	CMYK + RGB	从一套 RGB 扫描, 分两次操作, 产生七色的各个分量
Crosfield HyperColor	CMYK + C' M' Y'	可用普通四色印刷机分两次印刷完成, 添加的相同色墨可使局部密度超过 2.2, 从而实现色谱范围的扩展

2. 超过四色的分色技术

高保真彩色技术面临的第二个问题, 是如何生成多色分色片, 即如何把天然颜色分解为多个基本色。

(1) 扫描分色主要目标 从彩色印刷的市场需求来看, 高保真彩色技术的分色方式不应该是一成不变的, 而是应当根据客户和原稿的要求, 决定最佳的分色方式。因此, 从概念上说, 扫描应该与分色分开。电子分色机是扫描和分色合一的设备, 其分色模式是固定的。在高保真彩色技术中, 扫描应当以尽可能提取原稿中的所有彩色信息为目标。

(2) Hell 公司和 Crosfield 公司的 HyperColor 高保真分色方案 Linotype-Hell 公司的高保真彩色技术采取两次扫描完成读取色彩信息: 第一次读取 CMYK 信息, 第二次读取其它三色信息, 在第一步扫描的同时完成高层次的灰色成分替代。该公司采用的 VSF 色系, 在橘红、翠绿和紫的方向上都有相当的扩展。

Crosfield 公司提出的 HyperColor 方案着眼于不同的出发点。为了与现有打样和四色印刷工序匹配, 该公司只采取 CMYK 作为基本色, 这样做是很经济的。Crosfield 公司认为, 如果添加 CMYK 外的颜色, 对很多印刷品不一定会带来明显的改善, 但却会增加打样和印刷设备方面的负担, 以前常用的四色印刷机将不能使用。从这一点出发, HyperColor 采用 CMYK 分色, 分色时生成七张分色片, 并在 CMYK 达到 100% 还不足之处再加印一次相同色。

HyperColor 可采用常规加网技术, 其中增补色 C'、M' 和 Y', 可使印刷品具有 0~200% 的阶调变化, 最大密度可达 2.2。据 Crosfield 公司介绍, 用这种方式增大印刷色域范围, 色彩的饱和程度比采用 CMYK + RGB 还要高。

(3) 赛天使公司的高保真彩色技术特点 Scitex 公司提出的高保真彩色方案, 采用 CMYK 四个基本色和它们的补色, 即 CMYK + RGB 组成七色印刷。在扫描时, 只针对 RGB 完成一次扫描, 在处理时将该输入的 RGB 文件分解成一个 CMYK 文件和一个印刷用的 RGB 文件。这两个文件可以分别以交互方式进行图像修正和颜色调整 (不能同时进行)。赛天使公司认为, 这种工作方式的好处在于颜色的穿插分解在中间调即已开始, 不像 Cros-

field 方案只对饱和 (100%以上) 处加印第二次色, 因而过渡比较均匀。

(4) Barco 公司的专用多色分色软件 Barco 公司提供的印前系统, 采用 SGI 机芯的工作站并带有一系列专业软件, 其中有一个称为油墨切换 (Ink Switch) 的软件, 特别适合于包装印刷业, 可以支持高保真彩色印刷技术和各种特殊的油墨配方。使用 Barco 系统的用户先将待用颜色的油墨通过分光密度计把数据读入工作站。在进行分色时, Ink Switch 首先将 CMYK 四色数据转换为 CIE 色标, 然后按照指定的油墨色系, 进行第二次转换, 生成对应的分色片。当出现不可表示的颜色时, 软件会给出警告。

需要注意的是 Barco 工作站采用校正的显示器, 但经过上述转换后的图像, 其色彩不能在屏幕上正确地显示, 但可利用图像处理软件 Creator 来修正。操作者需要通过想像来判断修正前后的色彩变化, 屏幕上显示的图像只提供对比。

(5) Trans Cal 公司的插入分色软件 上述各种多色分色方案, 均采用专门设备和封闭技术, 且用户需要有专业技能才能操作相应的设备。随着计算机技术的进步, 使彩色桌面系统的软件运行速度大大提高, 同时一批高性能的专业软件也开始在桌面系统中出现。美国的 Trans Cal 公司在提出功能与调频加网相近的高线数网点 (HiLine) 后, 在 1994 年 4 月向市场推出支持高保真彩色分色技术的软件 Hi Fi Color Space, 使广大桌面系统用户可以通过 QurakXPress 和 Photoshop 等软件完成高保真彩色分色。

Trans Cal 公司采用的是将 Photoshop 中的 C、M、Y、K 与其它待用色用多通道方式形成多色分色版并进行修正, 分色结果通过特殊的滤波器过滤, 以支持多色分色的 DCS2.0 文件格式输出, 并由 QurakXPress 完成整页拼版和分色输出。由于采用超过四色进行分色和印刷的印刷品, 其色彩无法用常规四色分色技术实现, 故这种技术具有特殊的防伪功能。采用高保真彩色技术的印刷品, 在高附加值印刷品、商品装潢和包装工业, 以及安全防伪方面, 有其特殊的地位。

第七章 分色制版工艺设计的依据与整稿

分色制版工艺设计是指彩色复制过程中由负责工艺设计和质量控制的人员根据原稿的性质、用户的要求和生产计划,对原稿及复制要求深入解析后,制定出的具体作业流程及相关规定。工艺设计是一项指导性和技术性极强的工作,是彩色复制各工序工艺的综合应用与合理匹配,这项工作确定了彩色印刷复制品的复制质量及生产成本。因此只有确定出合理的工艺才能保证印刷质量,提高经济效益,满足社会的需要。

第一节 分色制版工艺设计的基础

工艺设计是指工艺技术规程、工艺装备和工艺方法措施的实际生产性设计。分色制版的工艺设计则是指以本单位设备条件、技术水平为依据而进行的加工性生产过程中,对工艺规程、生产流程和生产工艺技术措施的设计。

一、工艺设计的意义与作用

分色制版是建立在复制理论、印刷适性和艺术理论的基础上的加工工艺。因而在进行工艺设计时必须细致周密。应根据原稿状况、图像复制质量要求和人员技术水平来综合考虑,全盘规划。其工艺的设计对优质高效低耗的生产具有十分重要的意义。概括地说,分色制版工艺设计具有如下作用:

① 工艺设计是进行彩色图像复制数据化、规范化、标准化生产管理的重要依据,也是稳定、控制、分析和提高复制质量的关键依据和进行新工艺研制的基础;

② 工艺设计为彩色图像复制中生产过程控制、设备调整、各工序的协调提供科学数据,是统一生产管理、规范操作、人员组织、设备协调的依据;

③ 工艺设计可以使彩色图像复制从传统经验管理向现代数据化、规范化、标准化管理转变,形成生产管理科学化,并为计算机自动化生产管理的新格局提供原始参考数据。

二、工艺设计的原则

彩色复制是以获得品质优良的图像复制品为目的,复制过程受以下三大主要因素制约:

① 原稿是彩色复制的基础,它确定了最终产品的基本面貌;

② 制版与印刷设备、原材料和测试工具,它决定了复制的技术方法与水平;

③ 各工序人员的素质决定了设备效能的发挥,工艺水平的高低。

复制图像质量的优劣取决于三者之间的合理匹配,其工艺设计亦必须以此为基础,并满足下列原则。

① 立足于本厂条件 应根据自身设备状况、技术力量、原材料类型、工艺和管理水平等设计。

② 根据社会需求 应围绕市场经济这一核心,掌握市场动态、原稿的种类和用户对产品质量、生产成本和生产周期的要求。

③ 把握生产发展趋势 应注意行业中新工艺、新设备和新技术动态,有计划、有目的地吸收和引进先进的工艺,使工艺设计日益完善。

三、工艺设计的依据

彩色图像的复制中原稿和复制品的目的与要求各不相同,既有客观的数据质量标准,也有主观心理上的艺术期望,而且不同的复制对象采用的材料和工艺参数亦不一样,因而其工艺设计只有将彩色图像复制有关理论和复制对象,生产技术条件和工序参数融合,才能获取可指导实际生产的工艺。

① 工艺设计应在印刷科学技术理论指导下进行。不仅要掌握色彩理论、彩色复制理论、图像传输理论及印刷适应性,而且要不断提高艺术修养和艺术鉴赏力。这样才能集思广益,使理论成为工艺基础,使工艺切合生产实际。

② 工艺设计应深入全面地掌握彩色制版印刷全部工艺中的技术要点,尤其是重要技术环节。能准确解析每个工序中对生产质量、作业速度、生产成本控制的影响因素及其变化规律。使设计出的工艺不仅简明、实用、适应性强、预测准确,而且产品质量高、生产周期短、成本低。

③ 工艺设计应充分依靠作业人员素质及技术水平,能最大限度地发挥操作人员的主观能动性且易于掌握。

④ 工艺设计应依据生产中已控制稳定的操作数据和设备材料性能数据,同时做好工艺试验与生产实践过程的跟踪反馈,找出各生产工序的可变因素及相互间的关系及变化规律,使整个复制过程中各工序材料、设备和人员之间得到最合理匹配,使工艺设计与实际作业协调一致。

⑤ 工艺设计应依据本厂所具有的生产能力和原材料条件,并针对有代表的原稿的特征及缺陷,在进行数据精密测量和分析的基础上,通过工艺试验,编制出完备的质量控制系统。

四、工艺设计的工作内容

工艺设计贯穿整个生产技术的工艺管理的各个环节,其主要工作内容如下。

(1) 编制工艺规程与工艺文件 内容包括:

- ① 各生产工序技术规范和控制参数;
- ② 建立各种数据的记录与分析的方法;
- ③ 建立生产工艺数据化、规范化、标准化的指令系统。

(2) 工艺准备 内容包括:

- ① 对主要设备技术性能进行测试,使设备处于优良稳定的工作状态;
- ② 建立标准的数据测试方法和仪器;
- ③ 对使用材料性能指标进行测试;
- ④ 对各工序操作人员进行规范化培训,使之具有高水平的操作技术。

(3) 制定工艺操作数据及操作规范 内容包括:

① 各工序操作数据测试,最优数据的协调、选配和调整,规范数据的确定,数据图表的综合编制;

- ② 对各工序规范操作的监督与数据稳定的监控;
- ③ 制定各工序质量技术标准和生产控制参数。

(4) 工艺试验及生产应用 内容包括:

① 对初步设计的技术参数及质量指标进行工艺试验,检查各工序间的匹配及各种数据指标的合理性和准确性;

② 通过检查和反馈工艺试验中工艺的不足, 修改调整有关参数, 并使其在工艺应用中保持稳定;

③ 进新设备、新材料和新技术时应结合以前工艺, 测试相关参数, 使之能保证高质量水平, 并构成新的工艺;

④ 工艺设计试验完成后应直接用于生产, 并不断积累数据和反馈相关信息, 对工艺做进一步完善。

(5) 复制工艺方案确定 内容包括:

① 以生产指令、成品要求为依据来确定产品规格、版面构成等常规参数;

② 根据原稿特点及用户要求, 选定合理、简捷、低耗的工艺流程及作业方案, 确定原材料和设备类型;

③ 根据工艺流程和作业方案将其分解至每个工序, 并确定相应的质量控制参数及生产指令。

(6) 发挥彩色图像分色设备的作用 彩色桌面制版系统或电子分色机是分色制版的核心, 工艺设计应根据原稿特点和用户要求, 将其它工序中不易解决的难点和不足在分色中予以解决, 即形成一个工艺循环控制体系, 从后向前将补偿校正内容逆推至分色过程之中, 并尽可能发挥分色机每个功能作用。

总之, 工艺设计的内容涉及复制过程的每一技术环节, 可变因素极多, 因此工艺设计时要全面、周密、稳定地制定各参数, 使每个作业人员既能正确执行本工序中的技术指令, 又能了解上下工序, 真正保障工艺的正确执行和产品的质量与周期。

五、影响复制品质量的因素

彩色复制品的质量, 受所有参与复制过程的诸因素制约, 主要有以下几个基本方面。

① 彩色原稿图像的阶调层次、色彩色调及清晰度质量。

② 分色加网图片阶调层次、颜色以及清晰度强调等复制调整数据的准确程度。

③ 拷贝或放网、晒版等中间工序网点转换变化量及其稳定程度。

④ 印刷(或打样)的墨层密度、网点扩大值或印刷相对反差值(K 值)数据及其控制稳定程度; 各色墨层的叠印效率; 阶调演变、色彩平衡与灰平衡再现。

⑤ 印刷用纸的印刷适性; 油墨的色度特性及其操作适性。

⑥ 各个操作工序的设备、器材与材料性能以及环境条件的匹配等。

这些可大致综合为设备、器材、材料的印刷适性, 工艺操作质量以及复制对象及其调整等三大方面。规范化数据化工作要依次从这几个方面入手, 取得最佳的协调配合, 逐步形成适用于重复生产的数据规范。

六、彩色制版印刷总体工艺设计

工艺设计, 首先是从一件彩色产品制版印刷的整体考虑, 从原稿到印刷品的质量要求标准, 从设备、材料等生产技术条件到各工序的工艺方法与工艺操作数据质量, 制定出制版印刷全部工艺流程的整体施工工艺方案。这样, 就明确了复制的目标、施工措施、工艺方法、操作标准以及全部工艺流程, 可以保证产品质量, 减少返工, 使生产顺利进行。

对于稳定的生产技术条件、一般的系列产品、正常的原稿, 可以做规范化的常规性设计。当材料、设备等生产技术条件有较大的改变, 新工艺的推行或是重点产品, 除做必要的试验与试生产外, 还应当分工序做出细致而周密的整体工艺设计。

在制版印刷生产工艺流程的整体工艺设计中, 一是对产品格式与版面布局的常规设计,

二是对整个生产工艺流程施工方案的设计。另外还要对重点工序——分色过程,做出图像复制调整的详细分步工艺设计。

1. 产品格式与版面设计

产品格式与版面设计主要由整稿工序来进行。表现在以下几个方面。

① 审稿与整稿 设计人员首先要清楚客户的要求和产品特点,细致地核对客户提出的开本版式、规格尺寸、折页顺序、原稿比例、文字墨色、花边底纹等编排是否符合制版、印刷工艺的要求。发现问题应及时告诉客户并提出改进建议。同时,要帮助客户做到“齐、清、定”,尽量使图文稿件一步到位。

② 制作清版式 按照客户的开本尺寸、图文版面要求,制作出符合制版、印刷和装订要求的清版式,按照折页顺序,绘制出精确的台纸。例如对开印刷时,制作对开印版。版式安排要考虑装订方式,应与装订折页相一致。

③ 采用桌面印前和电子拼版技术制版时,不论是桌面系统,还是电子分色拼版,或者整页拼版系统,除规划出版面布局完整、准确、详细的版式外,还要根据拼版设备的技术要求,标出各自的坐标数据,凡版面所需要的拼版内容和详细要求,都要齐全。

2. 总体工艺方案设计

制版印刷工艺流程的总体工艺方案设计,是根据原稿和产品要求,从设备、材料等技术条件出发,由印刷逐步推向前工序,包括各生产工序的设备、材料性能数据、工艺流程、工艺方法、各工序岗位的操作数据,以及半成品与产品的质量数据标准等主要生产技术内容来进行的。一般对同类原稿、同批或同系列产品,可以一次设计,个别原稿需改变复制工艺时,再单独设计。总体工艺方案设计大概步骤如下。

① 根据原稿、客户要求及产品质量标准等级,选配使用纸张、油墨等印刷原材料及主要辅助材料,并从材料测试记录卡中获得其主要印刷适性数据,使其各自印刷适应性达到最佳配合。确定适应产品质量要求的印刷设备和器材。

② 根据印刷材料、设备器材性能条件,按已测定其达到的规范数据,确定印刷与打样应执行的网点扩大值、墨层密度及相对反差值等主要操作数据。

③ 根据产品质量要求、印刷材料与设备性能以及印刷操作数据,选定相应的印刷版材。按印刷与打样的差距,确定晒制印刷版与打样版的网点转移数据,并按印刷版面要求,确定所晒制印版的版面布局。

④ 根据版面的布局设计、拼版的难易程度,确定使用套图晒版、拼图晒版或连晒,还是采取阳图片拼版或阴图片拼版拷贝,以及放网等相应的工艺方法。

⑤ 针对版面上的所有原稿,确定哪些原稿可由照相制版,哪些原稿需要电子分色制版或桌面分色制版。并根据后工序决定所采取的工艺方法及制版设备功能条件,确定分色应记录阳网图片,还是阴网图片或连续调图片。针对产品要求、原稿等,决定加网线数,网点点型及四色版网线角度。每一原稿的制版工艺方法确定之后,安排出合理而简捷的工艺流程,各工序遵照执行。

⑥ 根据印刷条件与印刷数据,色彩与灰色平衡再现数据,以及各中间工序的转换数据,推导出分色图片的复制要求数据。结合原稿的数据测量阶调层次与色调的综合分析,提出复制调整的具体要求,再进行电子分色、桌面系统或照相分色调整的分步工艺设计。分色设计是在总体工艺设计的所有技术工艺与数据基础上进行的。

将上面针对产品对象、材料设备与生产技术条件设计出来的工艺方法、操作数据和各项

要求标准依次详细填入总体工艺设计指令单, 连同版面设计按工艺流程依次传送各工序执行。

第二节 原稿的分析

原稿是复制的基础和依据, 印刷工作者通过对原稿的分色制版, 最终得到复制品。原稿的种类很多, 而一般复制品都是油墨印在纸张上的印刷品。人们希望每张印品都有较高的观赏价值, 但原稿的质量往往不尽人意。这就要求印刷工作者对原稿的种类及质量有所了解。

一、原稿的分类

1. 按原稿种类分类

(1) 摄影原稿 包括彩色反转片(天然色片)、彩色拷贝正片(用彩色负片拷贝的彩色正片)、彩色照片和黑白照片等。

(2) 美术作品原件 包括国画、水粉画、水彩画、油画、版画和铅笔画等。

(3) 第二次原稿 一般是指美术作品原件翻拍后的彩色反转片或彩色照片。

(4) 印刷品原稿。

(5) 线条原稿 包括黑白细条画和由图案实地、美术字等组成的原稿。

2. 按原稿形式分类

(1) 透射稿 原稿是透明的, 分色时光源照在原稿的背面, 用透射光进行分色。彩色透射稿有两种, 即彩色反转片和彩色拷贝正片。彩色反转片是经拍摄、二次曝光、二次显影及漂白、定影而成的, 是最好的一种彩色透射稿。药面图是反的, 四周浓黑。彩色拷贝正片是由彩色负片拷贝而成的正片, 它的质量不甚理想, 颗粒较粗, 层次并级。药面图是正的, 边框多数是透明的。

(2) 反射稿 分色时光源照射正面, 用原稿的反射光进行分色处理的原稿、绘图作品原件、彩色照片、黑白照片等。

用原件直接分色质量最好, 这类原稿反差小, 密度一般只有 1.4 左右, 亮调密度为 0.1~0.3, 暗调密度在 1.5~1.7 之间。

彩色照片的图像是由彩色负片经放大晒印在相纸上的, 因此明暗对比强烈、色彩鲜艳真实, 反差不及反转片强烈。因其由彩色负片拷贝或放大而成, 因而层次受损失, 色彩有偏色, 宜做原大或缩小复制。

二、原稿的质量

1. 对原稿的要求

原稿中彩色反转片占很大比例, 而其中符合制版、印刷要求的比例较小。由于原稿质量欠佳, 很大程度上影响了复制品的质量和制版设备的工作效率。因此, 对于原稿应注意下面五个方面的质量问题。

(1) 原稿密度范围 原稿密度范围是指原稿中最低密度和最高密度的差值。现阶段印刷品可达到的最大密度值 D_{\max} 为 1.8, 印相纸图像可达到的最大密度值 D_{\max} 为 1.7, 修整原稿的黑墨水的密度 D_{\max} 为 1.8, 即原稿的所有密度在白纸上只能在 0.00~1.80 密度范围内再现, 因此, 原稿应有一个适应于制版印刷的密度范围。然而, 彩色反转片的密度范围可达 0.05~3.0 (甚至 4.0), 印刷复制时必须对原稿的阶调进行压缩。虽然, 用彩色桌面制版系统和电分机进行分色制版具有很多优越之处, 但不是万能的, 当原稿的密度范围过大时, 扫

描仪和电分机对超出密度范围部分的反映灵敏度下降,所得分色片层次较平。根据实践,原稿的密度范围为0.3~2.1,即反差(原稿最大密度与最小密度的差称反差)为1.8最为合适;彩色反转片原稿密度差控制在2.4以内。若原稿反差小于2.5,复制时进行合理压缩,效果也较理想;若原稿反差大于2.5,即使复制时进行阶调压缩,也会造成层次丢失过多,并级严重,效果欠佳。

(2) 原稿偏色性 由于拍摄彩色反转片过程中曝光不足或曝光过度,冲洗过程中的技术问题等,均会造成原稿偏色,原稿偏色通常有整体偏色、低调偏色、高调偏色和高、低调各偏不同的颜色(即交叉偏色)等几种情况。要求三滤色片密度间差0.2。

(3) 原稿层次 衡量复制品的质量有三大指标:层次、颜色和清晰度。以层次最为主要。

正常原稿的层次应具备整个画面不偏亮也不偏暗,高、中、低调均有,密度变化级数多,阶调丰富的特征。目前,不少彩色反转片由于拍摄或冲洗问题,存在“闷”、“平”、“崩”等弊病。所谓“闷”,即整个反转片密度过高,没有高光点,暗调和中间调接近而缺乏层次;所谓“平”,即反转片最暗处密度不高,高调和暗调的密度差不大,反差小;所谓“崩”,即反转片最暗处密度高,反差大,中、暗调层次损失过多。

(4) 原稿颗粒度 反转片的颗粒粗细也是影响图像质量的重要因素之一。复制时,不同的缩放率对反转片的颗粒度要求不同,放大倍率越大,要求原稿颗粒越细越好。然而,目前反转片颗粒粗的现象很常见。在20倍放大镜下,可明显地观察到图像粗糙,使图像轮廓的清晰度和阶调的连续性受到影响。

反转片的颗粒粗细主要取决于感光材料本身的颗粒结构类型与感光材料的冲洗加工。

(5) 原稿的清晰度 彩色桌面制版系统和电分机进行分色制版,可利用细微层次强调旋钮或功能来提高图像的清晰度,使得复制品更加逼真地反映原稿。但是,如果原稿本身的清晰度不高,即使大幅度地利用旋钮来强调细微层次,也不会获得高清晰度的复制品,反而会产生浮雕感。

图像的清晰度与许多因素有关,如感光材料、拍摄时的抖动、照相机镜头的解像力、被摄体的照明及观测条件等。

由此可见,要想得到高质量的复制品,原稿首先要标准化。根据印刷特点,标准原稿除了应具备洁净、无斑纹、划痕,几何尺寸稳定等常规要求外,还应该具备下列四点要求。

① 原稿的密度范围为0.3~2.5。

② 画面色彩平衡,层次丰富,即有较大的可辨认颜色的浓淡梯级变化数量。原稿立体部分的高、中调部分的层次梯级应完整、丰富。印刷用彩色反转片的最低密度小于0.3,中密度值小于2.6的各梯级应齐全。

③ 图像清晰度高。原稿的解像力用 NN_c 表示,其中 N 为印刷复制放大倍率, N_c 为人眼不产生模糊感时线划精度, $N_c=10$ 线/mm时,颗粒细腻。

④ 彩色反转片对被摄物体的色相、饱和度和亮度还原基本一致,记忆色还原要准。原稿的中性灰区域经红、绿、蓝、紫滤色片测得的密度之差不大于0.01~0.03。

2. 原稿目测鉴别

在标准光源下,目测观察鉴别原稿。

(1) 适用原稿 适用原稿(不必加工即可复制的原稿)应满足以下条件:

① 原稿的密度范围为0.3~2.8,高、中、低调层次丰富;

- ② 图像好，清晰度高；
- ③ 颗粒细腻，图面干净整洁；
- ④ 画面色彩平衡，色彩鲜艳；
- ⑤ 复制时，放大倍率不超过 3~4 倍；
- ⑥ 反射原稿及图画原件要平整，无破损污脏。

(2) 非适用原稿 指需经过大量修正和加工后才能复制且质量难以保证的原稿，表现为：

- ① 图像虚浑不实，有双影，清晰度差；
- ② 颗粒细，图面污损；
- ③ 反差过大，调子过闷，淡薄；
- ④ 偏色，色彩陈旧；
- ⑤ 放大倍率超过 10 倍以上。

(3) 不能复制的原稿 指应退稿的原稿，表现为：

- ① 图像严重虚浑，轮廓层次不清；
- ② 颗粒过分粗糙，倍率放得过大；
- ③ 图面严重皱损，污染，图像有明显的脏点、道子、霉点等；
- ④ 严重偏色，色调完全失真。

三、原稿数据测量

1. 测量方法

原稿的密度数据，可用彩色密度计来测量，以三色光密度反差来表示。通过密度的测量，可以对原稿进行质量鉴别及阶调、色调分析，达到印刷品复制质量的过程控制目的。

(1) 密度测量的作用与误差 对彩色原稿进行色光密度数据测量，包括测量图像总体阶调的密度反差，以便选定高光与暗调层次点，确定阶调复制范围；测量原稿颜色的三色平衡状态，以便纠正其存在的色调偏差，实现颜色复制的平衡再现；有重点地测量典型原稿的阶调层次密度分布状态，以便进行准确而有目的的层次复制调整设计。

就画稿而言，一般没有偏色缺陷，各稿的差距也不大，因此只需测量其反射密度反差。所以原稿数据测量主要是对彩色正片、彩色照片做精细的三色密度测量。

密度计测出的密度值和扫描仪与电子分色机光孔接受的密度值是有差距的。造成这种差别的主要原因如下。

① 密度计的光孔大，测较高密度包围中的细微亮点时，密度值会偏高；测亮环境中的高密度细小层次点时，密度值又会偏低。除要使用密度计的最小光孔测量外（最好用显微密度计），还要对测量层次点的大小及其周围环境做充分估计。

② 原稿总是有一定颗粒性的，由于卡利尔系数因素（即 $Q = \text{平行光密度} : \text{散射光密度}$ ）的影响，分色机分析头接受的平行光密度总是大于密度计散射光密度。在颗粒细或密度低时，两者差距尚小，在颗粒粗或密度较高时，差距也较大，如图 7-1 所示。曲线 A 为分色设备分析头测出的密度值，曲线 B 为密度计测出的相应值，颗

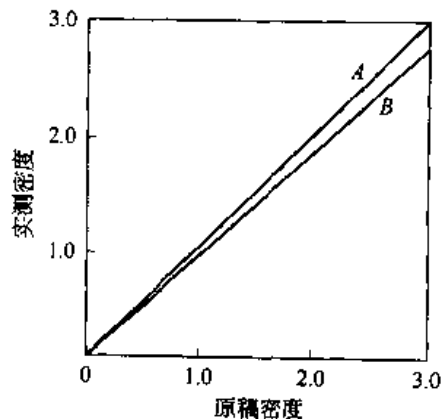


图 7-1 密度计密度（曲线 B）与分色密度间（曲线 A）差异

粒越粗，两线的差距越大。应通过多次测量比较，建立密度计与分色机密度数值差距的数据补偿关系。

(2) 密度测量 原稿密度测量时，高光应选在最亮而又表现层次的一两个相邻层次点上，暗调应选在最暗与次暗的一两个相邻层次密度点上，以便对图像高光与暗调层次做不同取舍选定。中调应选在受光部位，背光部位有环境色影响，不易测准确。

在测量原稿密度之前，应在标准光源下目测判断一下原稿的整体色调状况。

首先，把表现光源颜色的原稿分离出来。这种原稿的高光与中间调受光层次，在其固有色基础上，都表现出与辉光点相同的光源色。其艺术色彩气氛是应当保留复制的，不当当作偏色稿对待，只需测出其阶调密度反差即可。

其次，一般的彩色片的辉光点不表现层次，应当是三色光无密度差别的白色。表现层次的高光点，如是原景物的中性色部位，彩色片上也应是中性白层次，如是原景物有颜色的部位，只应表现出其固有色色调。再查看中间调的受光部位，不论是中性色还是混合色彩，都应表现出原景物真实的固有色。不直接受光的中间层次，表现出固有色与环境色的协调色调。这样的原稿，可视其为不偏色或基本不偏色，简易地测量其阶调层次密度反差即可。

第三，如不是表现光源色彩的原稿，而其辉光点和高光层次都表现同样的色彩，而又不是明显的光源色。中间调受光层次又偏离了景物的固有色；不受光的中间层次也不是固有色与环境色的协调色，两者都偏向同一颜色方向；最暗调不是中性黑色，也不与环境色协调。这样的原稿可判断为有偏色的原稿，应进行色密度测量。

测量偏色原稿密度，可有三种方法。

① 如拍摄彩色片时附有灰梯尺，灰梯尺可反映图像阶调层次和色调的真实状况。可以直接测量灰梯尺各梯级的主色光密度，这是最简便而又准确的。

② 一般偏色较轻的彩色片，可在图像中选取原景物是中性灰色的高光部位与中间调受光部位（不选背光部位），暗调应选在最暗层次。由于原稿偏色，测其三色光密度，可得出其偏色密度数据。但这种层次点不是经常都能在图像中找到的，判断也会存在误差。一般不宜用测量黑边框密度（指反转片）来代替暗调，因边框只受冲洗制约，而画面偏色则同拍摄与冲洗双重因素相关，两者是不一致的。

③ 能适应各种偏色彩色片稿的灵活实用方法是选取适当浓度的黄、品红、青补偿色片，与偏色稿重叠，可以同时使用两种颜色，也可以对高、低调分别使用不同浓度、不同颜色的补偿色片。在标准光源下目测，直至判定图像整体色调（主要是主体层次与混合色调）十分正常，完全符合视觉艺术要求时为准。这时，可以找到接近中性灰色的高光、中间调与暗调层次点，即便是带颜色的高光与暗调，也可查出其因带色而多出的色密度。之后，可单独测出偏色稿高光与暗调最多一色的色光密度，再测出所加补偿色片的色光密度，就是另外一色或两色所缺少的色光密度，从最多一色的色光密度中减去，则得出颜色偏小的一色或两色的色光密度，这样，即可分别取得偏色稿的精确三色无密度反差。

另外，在偏色稿叠合补偿色片至满意时，可选取几个彩度较高的典型代表色彩，与色谱比较，作为偏色稿改变校色幅度与色彩网点混合比例的依据。

(3) 密度反差曲线的描绘 测量出原稿高光与暗调的色光密度之后，要用坐标纸描绘出其密度反差曲线。如果是基本不偏色的正常原稿，其三色光密度在高光基本一致或差别不超过 0.05，在暗调差别不超过 0.1，绘出的三色密度曲线可基本重合为一，如图 7-2 (a)。凡视觉可以分辨出偏色的原稿，测量其三色光密度都有明显差别，根据其高光与暗调主色光密

度的差别大小与偏向不同,其偏色密度反差曲线可大致如图 7-2(b)、图 7-2(c)、图 7-2(d)、图 7-2(e)、图 7-2(f)几种关系形式。由于偏色密度曲线的不同,在纠正其偏色时所采取的调整方法措施也是各不相同的。

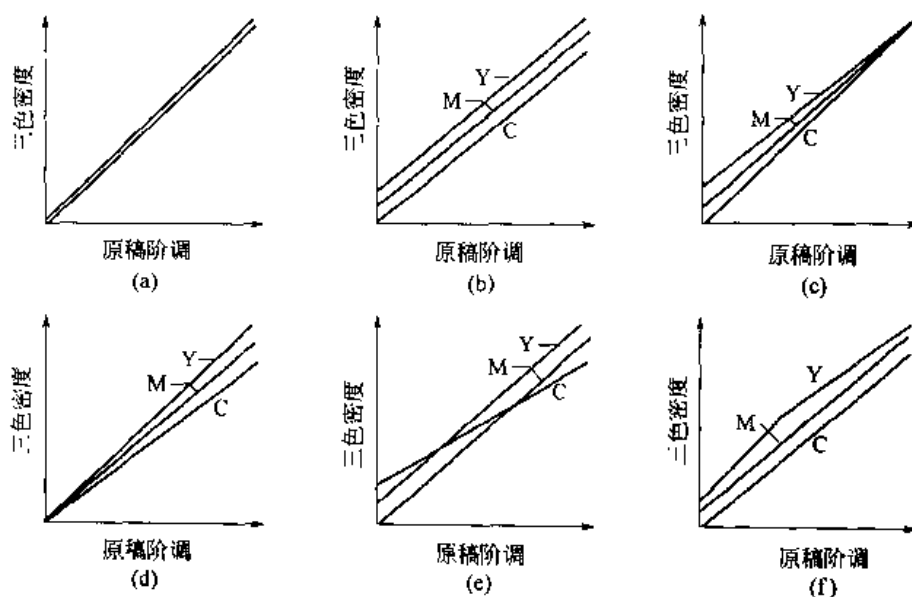


图 7-2 偏色稿三色密度曲线

测量出的原稿三色密度反差与标出的三色密度曲线,应详细填入制版分色工艺设计指令单。

(4) 原稿层次清晰度与颗粒性测量 彩色透明片原稿一般都要作放大复制,除了在制版印刷过程中因分色扫描、加网及套印等使图像层次清晰度损失外,图像放大,尤其是高倍放大复制后,其层次轮廓边界的密度渐变宽度要成倍加宽,锐度降低而变虚,颜料团的颗粒度也被成倍放大。严重者,图像的层次轮廓虚度与颗粒性都会被视觉分辨出来。

分色时,要根据原稿层次虚实的程度、颗粒性状况、放大倍率等数据,选择使用分析光孔和细微强调,对复制图片的清晰度进行强调。掌握具体放大倍率下原稿图像的虚实程度和颗粒性状况,才能恰到好处地选择光孔和有恰当的强调程度。

简单的测量方法是按图像制版的放大倍率,分别使用相应倍数的放大镜,对原稿图像的主体实层次边界和中调的均匀密度区进行放大观察。由于人眼的视觉分辨能力(一般为 1 分视角)基本是一致的,此时放大观察到的层次虚实和颗粒状况,与放大制版后的结果基本接近。从放大观察中可把层次虚实与颗粒状况分成三个等级:当分辨不出层次边界渐变宽度或颜料颗粒时,为层次实,画面细腻;能察觉其层次边界密度的渐变或细微的颜料颗粒时,为中等实度,呈现颗粒性;当层次边界密度渐变宽度很显眼或颗粒性明显可辨时,为层次虚、粗颗粒图像。这种观测,标准虽然是按放大率而相对粗略,但可以 and 制版倍率配合,对分析光孔的选择和细微强调幅度有一定参考价值。

精确的测量方法是使用高倍刻度放大镜(100 倍或 200 倍),对不同原稿进行统一的观测。通过物镜的刻度,量出层次边界密度渐变宽度和颗粒直径的平均尺寸,对所有彩色片稿建立统一的数据标准。再按具体放大倍率后与人眼视觉的 1 分视角分辨尺寸比较,最好是通过放大制版试验,找出层次边界过渡宽度和颗粒尺寸数据同允许放大倍率之间的对应关系。当实际制版倍率低于原稿的允许倍率时,复制图像的清晰度好、颗粒细腻;超过原稿的允许

倍率时,复制图像就会虚而颗粒粗糙。从而为分析光孔的选择与细微强调使用量提供准确的数据依据。

2. 原稿颜色质量状况分析

从原稿三色密度反差测量与三色密度曲线的描绘,可以较直观地看出不同原稿色调的真实状况。

如图 7-2(a)所示,原稿的三色密度与反差基本是相同的,说明原稿不偏色,色调基本正常。如果阶调齐全、层次丰富、分布合理,即使总反差略有差别,都可算是正常原稿。其颜色复制可按正常的色误差数据进行校正,侧重点则放在阶调层次复制方面。

如图 7-2(b)所示,原稿的三色密度高低不同,说明偏向某一颜色,但三色密度的反差基本相等,是均衡偏色,多为色灰雾所致。这种偏色稿,一般阶调层次还较好,可以用改变分色图片高、低调三色网点记录设定并配合中调层次调整,使三色版图片达到全阶调即到灰平衡再现,来消除图像偏色。但最好是根据三色密度曲线,设计出调整三色灰平衡的层次复制曲线,能使全阶调的色调得到统一纠正。

如图 7-2(c)所示,原稿的高光三色密度差距较大,暗调端三色密度接近相同,偏色主要表现在高调区端,对图像的高调层次复制不利。这种偏色情况虽然可以直接简单地用原稿偏色高光点,作分色机的白场平衡与输入定标,改变分色机的输入平衡,但校色信号也改变了,应保留的高光色也失掉了,数据往往不准确。最好是根据三色密度曲线,推导设计出三色版的层次复制曲线,改变分色图片高光三色网点的记录设定,准确地纠正高调偏色。

如图 7-2(d)所示,原稿的高光三色密度基本一致,只有暗调端的三色密度不同,密度反差也不等,只在中至暗调表现明显偏色。暗调层次略有损失,中高调层次正常。可以用改变分色图片暗调三色网点记录设定,或附加某色的全调底色去除(只对混合复色有作用),来消除三色记录图片在暗调端的偏色。最好也由三色密度曲线推导设计出调整灰平衡的三色层次复制曲线,能按准确数据纠正其偏色。

如图 7-2(e)所示,原稿三色密度曲线是交叉的,其图像高调偏向一种颜色,暗调偏向另一颜色,这是感光片本身三色平衡失调而造成的交叉偏色。其各级阶调层次都不良,在扫描仪和分色机上直接用改变三色层次调整与记录设定来纠正其偏色就不容易,必须依据其三色密度曲线,推导设计出精确的调整灰平衡三色层次复制曲线,指导其三色层次调整与记录设定,方能使其复制效果稍有改善。偏色密度差距在 0.2 以上者,一般就难复制。

当遇到偏色较严重、三色密度差较多的偏色原稿时,除测出其高光、暗调三色密度外,最好加测中间调原景物应是中性灰色的三色密度,经常会出现有如图 7-2(f)那样的密度曲线。这种色稿,需要以三色密度曲线为基础,推导设计出准确的调整灰平衡三色层次复制曲线,才能在桌面系统和分色机上进行偏色调整。

偏色明显的原稿,不仅对其三色密度数据测量要求十分精确,而且对其进行分色复制时,要考虑偏色的纠正。其三色版的层次复制,既要使原稿色调的三色平衡得到调整,又要对其层次做出再分配调整,应作为重点设计。其色彩复制误差的校正,要在三色版调整到印刷灰平衡的数据基础上进行。由于偏色稿颜色信号的改变,校色数据也随之改变,这要以补偿色片消除偏色后的图像色彩及色谱色彩组合数据为依据,最后进行色误差的校正。

3. 原稿层次状态分析

彩色画稿、印刷品稿及照片等反射稿,层次密度反差较接近。而彩色透射稿的总体密度与层次反差却差别很大。密度反差在 1.8~2.4,为中常原稿,大于 2.4 为高反差稿,低于

1.8 为低反差稿。起始密度以 0.3~0.5 为正常, 高于 0.5, 不论其反差大小如何, 均为曝光 (或显影) 不足所致, 是发闷原稿。反差低于 1.6, 而起始密度又低于 0.3, 是曝光 (或显影) 过度所致, 是淡薄原稿。

彩色透射稿的总体密度与反差高低, 与原稿拍摄的光照条件、曝光量及显影处理有密切关系, 图像表现在感光特性曲线上的区段位置就不同, 各层次密度对比差别也随之改变, 其层次的分布状态各异。目前最为流行的密度范围划分方法是, 把原稿和复制品的整个密度范围分解成四段: 高光点 (白场) 和暗调点 (黑场) 之间的整个密度范围划分成亮调 (高调)、中间调和暗调三段, 并把小于高光点密度的区域称为极高光。也有将密度范围分为五段的, 即将比暗调密度更高的区域称为极暗, 如图 7-3 所示。

图像层次反差的大小, 在复制时是可以做密度范围压缩调整的; 起始密度的高低, 也是可以通过高光密度设定及记录设定的调整加以改变。而原稿图像层次的分布状态是否能满足艺术要求, 则需要在复制中做层次反差压缩的同时, 对层次分布做再分配调整。原稿层次分布的描绘与分析, 对层次复制的再分配调整是至关重要的, 是层次复制设计的首要依据。

景物的明暗变化关系是复杂的, 其图像的层次分布同密度反差没有固定的数据关系。一般情况下, 按原稿密度大小和色调孟塞尔新标系统厚薄情况分, 可把原稿分成三类, 扫描分色时把它调整到最佳视觉明度。

(1) 曝光正常, 密度反差标准 其主体部分都处在亮调、中调, 它与明度成正比, 属于最佳视觉明度范围, 处于明度新标系统的 4、5、6 级 (见表 7-1)。

表 7-1 孟塞尔新标系统

视觉明度差				最佳视觉明度			视觉明度差			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

这类原稿黑白场定标按标准密度值设定, 原稿上的亮、中调全部信息在扫描分色片上能再现出来。

(2) 中常反差原稿 低密度在 0.3~0.5, 高密度在 2.4~2.8, 反差中常, 接近标准的原稿, 图像的高、中低调层次都能表现在感光特性曲线的直线部分, 中间调层次丰富, 主体层次在中亮调, 层次密度等级差和原景物成比例, 色调一般也较正常, 这类原稿如图 7-4 所示, 在对原稿阶调反差 (DA) 压缩的同时, 按接近标准的阶调层次再现曲线进行层次调整, 能达到良好的复制效果。

由于原稿阶调层次分布状态不同, 同是中反差原稿, 其阶调层次再现曲线也应做出不同的设计。明朗原稿, 主体调在亮中调范围内, 复制应略求加深, 才能满足视觉响应, 取图 7-4 中的标准再现曲线 DME 的再分配设计; 浓厚调原稿, 主体调往往在中调密度范围内, 不应再加深复制, 取图 7-4 中直线 DE 的阶调层次再现设计; 反射稿 (相片除外) 层次再现曲线可介于上述两者之间。

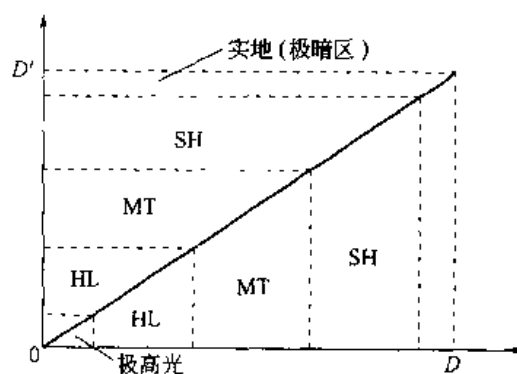


图 7-3 层次划分示意

D—原稿密度; D' —分色片密度; SH—暗调;
MT—中间调; HL—高光

(3) 高反差原稿 高光密度不高于 0.4, 而最高密度却在 3.0 以上的原稿, 多是原景物明暗对比差过大, 一般中间调层次丰富齐全, 最亮与最暗层次面积比率并不大, 也多不是主要层次, 只是高、低调密度突跳, 加大了反差。

这类原稿, 在做高光与暗调选定时, 一般可舍去两端次要层次, 以减小其阶调复制范围。其层次复制再现曲线, 根据图像层次分布曲线不同, 可在图 7-4 的基础上, 做变化调整设计。

(4) 低反差原稿 阶调反差在 1.7 以下, 高光密度在 0.3 以下的淡薄原稿, 多由于拍摄曝光过度或首显影过度所致。其主体部分偏亮偏薄, 明度高, 处在明度新标系统的 7、8 级, 亮中调大部分层次落在负像特性曲线的肩部, 亮调层次丰富, 但密度级差都很小, 且占面积比例大。需要加深复制, 以降低明度, 向标准明度靠拢。

这类原稿, 需加强亮中调的层次复制再分配, 黑白场定标密度值要小些, 亮、中调的层次曲线应稍做加深, 以达到较好的层次反差和视觉明度效果。应根据其层次分布曲线形状, 区别其主体调在亮调或是中调密度范围, 其阶调层次复制再现曲线可取图 7-5 中曲线 DMB 或 DNB 的不同分配趋向。同时, 还需使用加深和加长的黑版阶调来作补充, 使复制再现画面中间调层次深于原稿的层次分布, 满足视觉心理对画面的艺术要求。

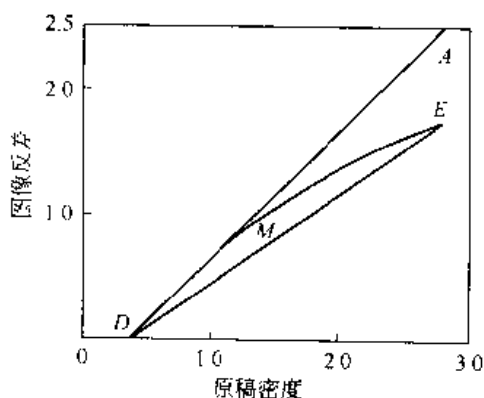


图 7-4 中反差原稿层次再现设计

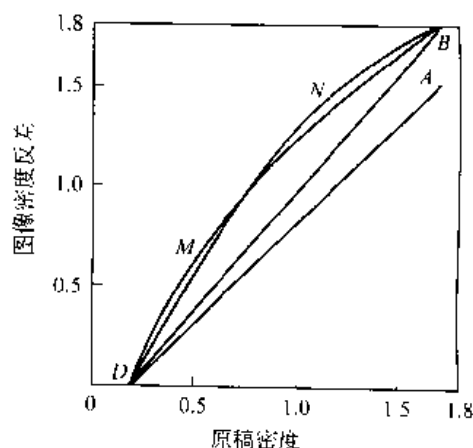


图 7-5 淡薄原稿的层次再现设计

(5) 厚闷原稿 高光密度在 0.5 以上, 甚至超过 1.0 的厚闷原稿, 多由于拍摄曝光或者显影不足所致, 使图像暗调层次大部分落在了负像特性曲线的趾部及直线下半部。这类原稿主体部分偏暗偏深, 处在明度新标系统的 3、2 级, 亮调层次少, 中暗调层次丰富而级差平软且面积比率很大, 主体调也多落在中调密度范围内, 需要减浅提高复制, 以提亮明度, 向标准明度靠拢。

这类原稿的复制, 黑白场定标密度值要大些, 中、暗调的层次曲线应稍做减浅, 应当使其包括主体调在内的中亮调层次得到较亮的再现, 其阶调层次复制再现应取如图 7-6 中曲线 DMB 的再分配趋向, 才可使再现画面明朗, 而且也强调了中暗调的层次级差, 以达到较好的阶调反差和视觉明度效果。

(6) 中间调层次分布不同的原稿 一些中高密度反差的原稿, 中调层次较少, 密度级差较大, 而高低调层次较多较平缓, 如逆光拍摄的彩色片, 为使这类图像主体调的层次明暗协调, 其阶调层次复制应取图 7-7 中曲线 DMB 那样的再分配趋向, 可以取得较好的复制再现效果。

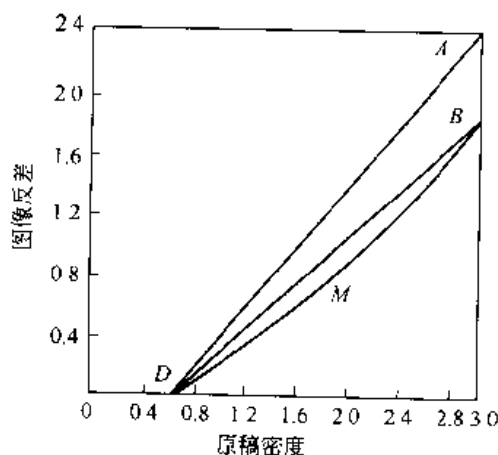


图 7-6 厚调原稿的层次再现设计

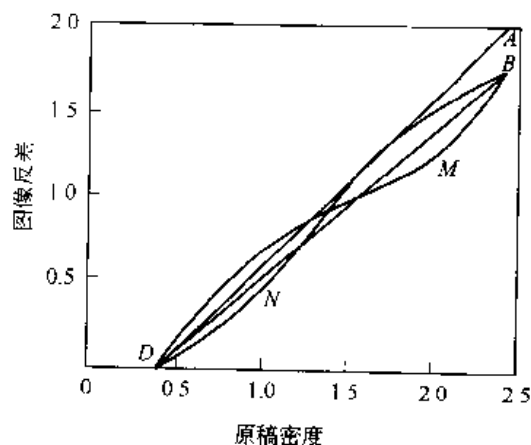


图 7-7 中间原稿的层次再现设计

还有一些不同的彩色片稿，其中间调层次丰满，面积比例大，但密度级差平软，而高低调端层次较少，也较窄，如正面闪光拍摄的彩色片稿。其阶调层次分布曲线形状如图 7-7 中曲线 DMB，其层次复制再现曲线则应取图 7-7 中曲线 DNB 那样的再分配调整，才能取得良好的复制再现效果。

第三节 整 稿

整稿是分色前必须做的准备工作，是把工艺设计中的某些要求具体化的过程。做好整稿工作，既要全面了解复制全过程的工艺技术，又要掌握美术设计等方面的知识。

一、整稿的内容和程序

① 首先要搞清用户的意图及生产业务部门的要求，对版式、规格尺寸、折页方式、印刷机型、装订或模切方法等方面的要求，有个完整的认识，并对每个工序的工艺要求有个清楚的概念。

② 检查校对印件设计的开本尺寸是否符合印刷所用纸张的规格，如不符合，及时改正。

③ 确定版本、开本。版本是指制版、装订形式，如模排、精装、合订等。开本是指书籍的成品尺寸，如图 7-8 所示。

印刷版面格式，如对开年画、宣传画、单图对开印刷。

成品尺寸，如 770mm×530mm（切口各加 3）；版面尺寸，如 776mm×536mm。

④ 根据印件开本尺寸和晒版，印刷的条件及方式确定拼版方式。

⑤ 标准尺寸，第一个数字表示宽，第二个数字是高，如图 7-9 所示。

二、整稿方法

(1) 原稿审定 内容包括如下方面。

① 反射稿不宜修改过多，画面过毛易造成制版困难。

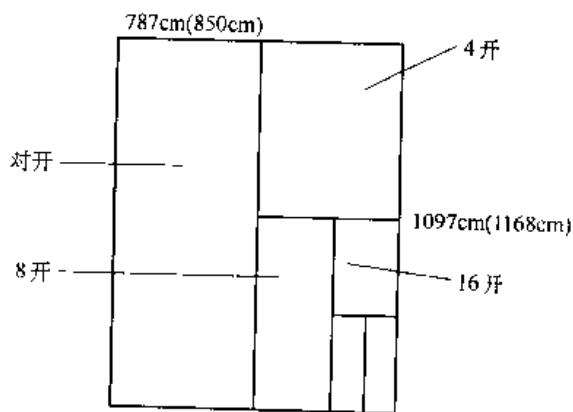


图 7-8 开本

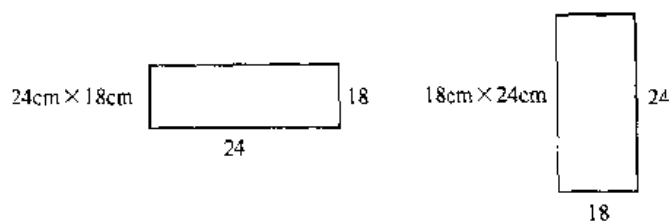


图 7-9 标准尺寸

② 透射稿是否失真，有无双影，尤其是建筑物。

③ 彩色反转片密度差最小不低于 1.6，最大不超过 2.7，最佳值在 2.0~2.4 范围以内。

④ 彩色反转片的彩色再现应与被摄体的色相、饱和度和亮度基本一致，对记忆色的再现应力求正确，中性灰区域以三滤色片测定密度差不大于 0.01~0.03，Y、M、C 三条密度曲线在高、中、低调应基本重合或平行，高调偏色量应尽量小。

⑤ 原稿主体部分层次，特别是高中调部分层次梯级应完整丰富，彩色反转片原稿图像高密度低于 2.6，高于 2.0 者各级密度梯级较为齐全。

⑥ 彩色反转片的颗粒度，用放大倍率略高于复制倍率的放大镜观察，以无明显的斑块状为宜。

⑦ 制作高质量的印刷品，反转片原稿复制倍率小于 3；制作一般质量的印刷品，反转片原稿复制倍率小于 6；彩色照片和印刷品翻版不可放大。

(2) 清洗原稿，保证原稿整洁。

① 稿上有指纹或霉点，用原稿清洗剂清洁，用脱脂棉轻擦正反面，浸入含水迹防止剂的水中，几秒后取出，自然晾干。

② 脏及有划痕的原稿，用软片洗涤剂、挥发油轻擦正反面的脏物。

③ 有划痕的原稿，可用液体石蜡消除痕迹。

(3) 标明版面规格尺寸、画面裁切线、角线和规矩线。

(4) 标明文字位置颜色和形式（阴、阳文字）。

(5) 标明边框、底纹的颜色、网点面积率及位置。

(6) 标明接版、挖空或镶嵌的形式和位置。

(7) 核对原稿是否符合版式缩放比例 例如，原稿尺寸为 20cm×10cm，要求复制为 39cm×30cm，高、横放大比例不合要求，如以高为标准，则横裁去 7cm。

(8) 原稿色调的纠正 在制版原稿中，常包括黑白照片、彩色照片、天然色负片等摄影作品，由于拍摄时受到时间、地点、气候、光线等条件限制，常常会造成某些弊病。原稿上预先做修整，将得到又快又好的效果。

① 黑白照片的纠正工艺 一是用毛笔涂布黑墨水，增加照片的密度；二是用减薄液减低密度，减薄后，用流水冲净，以免引起照片发黄，水洗后照片卷曲时，可用熨斗熨平；三是小黑点可用锐利刀刮去。

② 天然色正片的纠正工艺工具包括上等狼毫画笔、放大镜等。

③ 目前常用加厚方法 着色剂使用制作幻灯片的黄、品红、青染料和照相水彩透明染料。修正时，染料涂于胶片的反面上，且可多次描绘。

第四节 检测量具与参数测试

工艺设计是对一批产品或一张原稿在生产前所做的总体计划，是实施科学的管理方法和规范化、数据化操作的重要措施。

制版工艺的数据化与规范化的目的是使复制品对正常原稿的色彩、层次、清晰度等还原性好。对同一张原稿，在同一条件下，无论何人，无论重复多少次，都能得到效果相同产品，并能在短时间内复制出高质量产品等。

分色制版要把图像复制所要求的中间转换工序至印刷再现的综合演变数据，一次性地全面调整补偿，而达到准确的印刷再现。为此，数据化工作应当从最后的印刷工序做起，依次向前工序推移，才能使整个复制过程的每一步操作都取得可靠的数据依据。

首先，要进行主要材料与设备器材的性能数据测试，以便稳定操作条件。如印刷用纸的表面特性与操作适性，油墨的颜色属性及操作适性，印刷机的调整，版材的网点再现性能，感光材料的密度特性，以及晒版、拷贝、显影设备的功能条件，都制约着中间过程的网点转换。对于这些条件，要一一测试出其各自所表现的最佳性能以及数据变化范围。

还要对各生产工序工艺操作数据进行测试，其中心内容是网点在各工序传递时的质量和数据。由于分色加网的图像的颜色和阶调层次都包含在网点量值之中，并贯穿复制过程的始终。要结合具体的材料、设备、器材，由后工序依次向前工序推行。在具体的印刷设备器材条件下，纸张油墨、印刷压力、印刷（或打样）墨层密度、网点扩大值或 K 值的数据关系与变化范围，晒版/拷贝（或放网）等中间工序的曝光、显影操作与网点转换的变化对应范围，还有桌面系统和电子分色机各项调整功能的基础数据测试等，这些工艺操作数据，最终都要表现在半成品或成品的质量数据上。工艺数据要以各自工序的信号条、测试条以及测试仪器或控制手段为测试依据。由各生产工序所测试出的工艺操作数据，从后工序开始，针对具体印刷条件，选取所能达到最佳图像再现质量时的印刷操作数据。并逐次选取能达到后工序数据时的前工序最佳配合数据，以便确定图像分色时作综合复制调整的数据。

然后，通过模拟生产的工艺试验，或以小量的试验性生产，以代表性的原稿图像进行分色制版，按既定的工艺流程和各工序选定的操作数据，并加上测试手段的稳定控制直至完成印刷产品。通过对产品再现质量的客观评定，对各工序操作数据做局部少量修改调整，在达到理想的复制再现时便可以初步确定该具体产品对象、具体制版印刷条件下的生产工艺数据。

对初步确定的生产数据，要通过具体系列产品的多次反复生产实践，逐步调整完善，并严格控制材料、设备器材条件，保证各项数据的稳定、可靠。对已确认有较高稳定性、重复性的系列数据，包括初始测试的材料、设备器材与各工序操作标准等相关数据，要用图表、曲线等形式标绘出来。这样，可显示出各项数据的变化动态，便于在操作变化时进行选择，同时，针对不同产品对象，选配不同的数据系列，这样才形成规范化数据化的制版印刷生产。

一、规范化数据化工作内容

彩色分色制版的一般工作程序为

彩色原稿整稿→数据测量分析→工艺设计→分色→晒版→打样

彩色制版的数据化工作步骤，则要倒过来从后工序逐步向前工序推移，按照数据测试与

规范的工作方法,做具体的数据测试、最佳配合数据的确定、工艺设计的规范数据推导、分色调整等。其规范化数据化工作内容与步骤可归结如下。

(1) 油墨纸张性能数据测试与适性选配

- ① 各色油墨品种颜色属性的测试,三原色油墨的选配,操作适性的测试与调配。
- ② 主要纸张品种的表现适性、表面效率数据的测定。
- ③ 印刷操作适性的测试与适性处理,列表记录,供不同产品对象选配。

(2) 印刷机器性能的调整与测试

- ① 印刷机各运转性能与压印精度的调整。
- ② 滚筒包衬的精细测试调整。
- ③ 印刷压力范围的测试,理想印刷压力的确定。

(3) 印刷操作数据的测试与控制

① 具体印刷设备、油墨、纸张配合条件下,所能达到最高印刷相对反差值(K 值)的测定,最高 K 值下墨层密度、网点扩大值以及小网点再现的数据测试,基本供墨量的确定与稳定控制。

② 确定印刷色序,测试墨层干燥状态最佳的叠印时间与各色油墨叠印效率。

③ 具体的油墨纸张在达到最佳的印刷操作数据(墨层密度、网点扩大值与叠印效率)时,测定其印刷灰平衡再现数据。

④ 使用测试控制条和测试仪器,对达到最佳印刷数据的操作进行稳定控制。

⑤ 描绘印刷网点阶调扩大曲线,单色印刷阶调密度曲线及叠印阶调密度再现曲线。

(4) 打样数据的测试与确定

① 打样机运转与压印精度的调整。

② 滚筒包衬精度的测试调整,正常压力范围与理想压力的测试。

③ 测试在理想压力下打样达到最高 K 值时的网点扩大值与墨层密度数据。

④ 根据印刷网点扩大值同打样最高 K 值下网点扩大值的差距,确定打样应执行的网点扩大值数据,其同印刷之差以不超过5%为宜。可以增加打样压力,达到既定的网点扩大值时,测试出其各色墨层密度与 K 值,以及小点子再现情况,作为控制数据。

⑤ 以与印刷相同的色序打样,测试油墨干燥的最佳叠印时间与各色墨层叠印效率。

⑥ 测试打样灰平衡再现数据。

⑦ 用常用印刷材料打样制作本部门的简易色谱。绘制打样灰平衡比例曲线、网点阶调扩大曲线、叠印阶调密度再现曲线。

⑧ 打样与印刷用同一测试条进行数据控制。

(5) 晒版数据的测试控制

① 测试具体版材、显影液的显影时间与温度的最佳配合数据,并测试出显影液衰变与补充数据。

② 测试版材网点再现程度与曝光量的对应数据,确定打样版与印刷版的网点差距,以及最佳曝光量数据。

③ 使用信号条控制晒版网点转移数据的稳定。

(6) 软片的网点转换数据 测试感光材料与显影液的最高反差系数,确定最佳显影时间、显影温度,以及密度与曝光量关系数据。

(7) 建立网点阶调层次复制曲线推导图 把后工序所测绘的印刷阶调密度曲线、印刷网

点阶调扩大曲线、灰平衡比例曲线、中间工序网点阶调转换曲线等综合起来,做出分色加网制版网点阶调层次复制曲线推导,作为工艺设计与电子分色调整的依据数据。

(8) 分色设备的基础数据测试

- ① 分色设备正常工作状态的测试调整。
- ② 显影机的测试与调整,分色设备记录线性化测试与补偿。
- ③ 分色设备各项图像修整功能的基础数据测试与曲线绘制。
- ④ 扫描透、反射色标与灰平衡梯尺,按既定数据打样,绘出标准的颜色校正曲线与灰平衡网点比例曲线。

(9) 彩色原稿的数据测量与分析

- ① 按原稿类型、阶调层次、色调、清晰度、颗粒性等进行分类。
- ② 对原稿进行精细的色光密度测量,绘出三色密度曲线,以及阶调层次分布曲线。
- ③ 进行原稿阶调层次与色彩色调状况分析,根据产品再现质量及客户要求,设想并提出具体原稿的复制调整方向,找出调整方法与措施。

(10) 进行规范化的工艺设计

- ① 按复制对象、产品要求,设计产品规格版式。决定使用的设备与原材料,设计合理的工艺流程。制定各工序操作数据与质量标准。
- ② 根据具体原稿数据、阶调层次分析与色调分析,结合产品再现要求,设计描绘印刷密度阶调层次再现曲线,推导网点阶调层次复制曲线。对偏色原稿,还应设计出纠正偏色的调整灰平衡层次复制曲线。
- ③ 根据具体原稿的阶调、色彩、清晰度等质量状况,以后工序数据为依据,设计出分色的各项定标以及必要的图像修整数据。

(11) 按规范数据进行分色自调整

- ① 根据工艺设计选定的数据定标。
- ② 层次复制调整、黑版与底色去除、纠正原稿偏色的灰平衡层次调整等,应以工艺设计推导曲线为依据。
- ③ 以分色设备色彩管理系统提供的复制曲线或标准校色曲线、原稿色彩复制要求及标准色谱为依据,进行校色调整。
- ④ 根据原稿清晰度与颗粒性、分色设备清晰度强调功能的配合数据,以及图像的清晰度复制要求,进行清晰度强调调整。
- ⑤ 按工艺设计指令,进行图片记录编排设定。

二、检测量具

在印刷过程中,许多因素会影响最终复制品的质量。为了提高印刷品的质量,常使用梯尺、色标、测试条、密度计以及配合各种图表,以视觉和数据相结合,来控制和管理印刷过程的质量特性。

这些测试量具主要是用以测量或反映以下几个指标:①分色质量是否达到要求;②晒版质量是否达到要求;③网点扩大率的大小;④打样或印刷过程中网点是否有重影和变形;⑤打样或印刷过程中水墨是否平衡;⑥层次和颜色的再现是否正常;⑦规矩套准程度;⑧中性灰是否平衡。

1. 色标、梯尺

色标与梯尺在彩色复制中有很重要的作用,是数据化、规范化不可缺少的量具。

梯尺有透射、反射两种，它是检测层次、衡量灰平衡的量具，如图 7-10 所示。

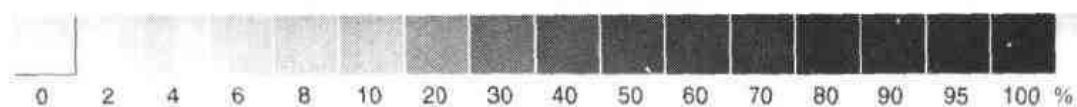


图 7-10 反射梯尺

由于梯尺是由浅至深逐一排列的密度块所组成，图像的每一级明暗层次都可在梯尺上找到相应的密度梯级。因此，图像的各种变化都可集中在梯尺上表现出来。只要对梯尺按要求进行测量，就能知道图像的变化状况。在测量梯尺时，必须以图像的实际密度和反差来截取梯尺的相应梯级，两端剩余梯级不能列入。

在分色、拷贝、晒版过程中，把梯尺置原稿旁一起进行复制，梯尺层次的再现即反映了图像层次的深浅和阶调的长短。绘制出分色、拷贝、晒版曲线，就可判断分色效果及拷贝、晒版的层次传递。绘制出复制曲线，就可知道是否得到了满意的复制品。

反映感光材料特性的曲线就是通过梯尺绘制而成，测试网屏的加网特性曲线也需用梯尺。在打样、印刷过程中，查看梯尺，可知三色油墨中性灰是否平衡。

总之，原稿的白场定标、绘制各种曲线和软片线性化，均需用梯尺。离开了梯尺，分色制版的数据化、规范化就无从可谈。

色标作为桌面制版系统和电分机识别颜色的标准，是检验色误差的量具。制版设备颜色校正部分的设计就是以特定的色标为依据的。

色标有透射与反射两种，通常由黄、品红、青、红、绿、蓝与白、黑几个色块组成。

分色时，将色标置于原稿之旁，用来检查分色色误差的程度，色标上的白与黑两色块是度量某色版基本色不足、相反色过量的标准。若分色效果好，色误差小时，某色版上的基本色色块密度与黑色块接近，相反色色块密度与白色块密度接近。如果某阳图版上的基本色色块密度低于黑色块密度，相反色色块密度高于白色块密度，就说明基本色不足，相反色过量，误差值为色块密度与黑或白色块密度之差。以品红版为例，分色阳图上的绿色块密度高于白色块密度，说明绿色区域品红量过多；红色块密度低于黑色块密度，说明红色区域品红量过少。

2. 色谱

色谱是彩色印刷的“蓝本”，反映了某一色域的色彩组合情况，帮助人们分析、解剖某一色域的黄、品红、青网点配比，即由哪几种原色、各多少网点交叠而成。色谱中反映出中性灰平衡的数据，是正确进行彩色复制的重要依据，是印刷工作者经常对比辨色的必备之物。

色谱的形式多样，有常规工艺色谱，还有非彩色结构工艺色谱，可根据需要选用。

由于色谱是在一定印刷条件下由一定的油墨、纸张制作而成，当制作色谱的条件与本单位不同时，参照色谱配色会有一定的误差，有条件的单位应制作自己本单位的色谱。

3. 测控条

信号条和测试条统称为测控条。

信号条用于视觉评价。信号条一般只能提供信息，不能进行测量，可以通过视觉来监视打样或印刷过程中的网点再现情况。

测试条用于仪器（主要是密度计）检测评价，测试条一般不能用视觉鉴别，而需借用仪

器才能得到定量数据，由此对图像质量进行颜色、阶调等的监视和评价。

信号条与测试条有各自的优点和功能，在实际应用中往往把它们组合在一起。常用的信号条与测试条有以下几种。

(1) GATF 网点扩大信号条（又称号码信号条）

① 网点扩大部 该部分由 0~9 十个数字组成，数字均由 200 线/in 的网点构成，且每个数字的网点面积不同。这十个数字的底衬为 65 线/in 的平网，无论阴图还是阳图 6 号数字的网点面积与底衬的网点面积相同。从 0~7 数字，网点面积按 3%~5% 减少；7~9 数字，网点面积依次按 5% 递减。如图 7-11 所示。



图 7-11 GATF 网点扩大信号条

在拷贝、晒版、打样或印刷过程中，网线越细，越容易受到微小变化因素的影响。相反，网线越粗，对微小变化的反应很小。由 200 线/in 组成的 0~9 号数字的不同网点层次，对拷贝、晒版或印刷中的微小变化反应很敏感，一有异常情况出现，数字部分网点面积容易扩大或减少。而由 65 线/in 组成的粗网底衬层次，即使复制条件出现微小的变化，它也几乎没有反应或反应很小。这样，可以根据数字变深或变浅来判断拷贝、晒版、打样或印刷过程中的网点变化。如正常时，2 号数字的网点面积应与底衬的网点面积相同；若出现了 4 号数字与底衬相同，那么，此时的网点就扩大了 6%~10%；若 1 号数字与底衬相同，那么，此时的网点就缩小了 3%~5%。

网点允许扩缩的范围应根据具体条件而确定。一般情况下，晒版网点缩小小于 5%（即在 50cm 距离处观察 1 号数字网点与底衬网点面积相同），打样网点扩大 10% 左右，印刷网点扩大小于 15%。

② 网点重影和变形部 该部分由相同面积比例的纵线和横线组成，以纵线作为底衬，横线组成“SLUR”文字（SLUR 意为网点变形）。

印刷过程中，若印刷机的圆周方向和轴向处于稳定状态，则“SLUR”与底衬的密度相同，人眼视觉就感觉不到二者的差异。若印刷机的圆周方向和轴向处于不稳定状态，则横线或纵线就会往外扩大而变粗，人眼视觉就会感到“SLUR”变深或变浅，这样，就能很快地区别打样或印刷时有无方向性的网点扩大和因变形而引起的网点扩大。若“SLUR”变深，则说明是纵向变形；若“SLUR”变浅，则说明是横向变形。

当发生重影时，“SLUR”也会显示出来，用放大镜观察，可以发现双重网点，这与网点变形有所不同。

③ 星标 星标是由 36 条黑白相等的放射线条块等分一圆，此线条往圆心方向逐渐缩小，中心部分形成一个小点。主要是利用放射线条对印刷条件的敏感性来反映网点扩大、变形和重影的信息，还可测量复制品的分辨率。

在打样或印刷中，只要观察一下中心部分放射线被油墨堵塞的情况，就能知道网点扩大量和扩大方向，以及是否有重影现象。当印刷条件稳定、网点无异常时，随中心而去的放射线逐渐收敛，中心形成一个小点，线条扩大很小，可以清楚地分辨出来。当网点扩大时，星标的中心部分被油墨填满，并扩大成圆状，从其直径的大小可以知道网点的扩大程度。一般应根据具体条件确定允许网点扩大量，亦即星标中心圆状的直径。有了该标准，当观察印

品上星标扩大圆时,就可知道网点扩大是否合适。

当网点发生变形时,星标的中心部分被油墨堵塞的圆形就变成了椭圆形,网点的变形方向与椭圆的长轴相垂直。当打样或印刷中网点发生重影时,星标的中心部分就变成了“oo”形(纵向重影)或“8”形(横向重影)。发生网点重影与网点变形有明显的方向性。因此,两者在星标上不太容易区分。这时就需要放大镜检查印品上的网点来加以区分。

评价印刷品的解像程度是以黑白等宽的平行线条为测试依据,单位为线/in。一般能辨别相互接近的两条线的最小距离,称为解像力(或称分辨率)。

通过在放大镜下测定星标中心部分的扩大量,便可求得印品的分辨率 R 。

$$R = 11.47/A \text{ (线/in)} \quad (7-1)$$

式中, 11.47 为该星标的常数; A 为中心斑点的面积扩大量。

设该星标的直径为 1in, 则直径为 1in 的圆周上等分了 36 条放射线。黑线条与白线条构成一个节距, 即有 36 个节距, 节距数量与星标总周长之比为常数。因此

$$\text{星标常数} = \text{节距总数} / \text{星标周长} = 36 / 3.14 = 11.47 \text{ (线/in)}$$

如果测得中心部分黑斑面积的扩大量为 1%, 那么此时印品图像的分辨率为

$$R = 11.47 / 1\% = 1147 \text{ (线/in)}$$

印刷正常的星标, 其最大分辨率为 1300 线/in。

(2) LITHOS 信号条 该信号条是美国芝加哥 PDI 印刷公司 (Litnos, Inc) 于 1964 年出售的, 它由晒版质量控制段、印刷网点扩大段和印刷网点变形段组成。如图 7-12 所示。



图 7-12 LITHOS 信号条

① 晒版质量控制段 该段的斜线条由 266 线/in 的小网点组成, 底衬由 67 线/in 的网点组成, 两者的网点面积相等 (50%)。通过视觉观察该段的网点变化, 来判断晒版曝光是否正确。

当晒版曝光量正确时, 斜线与底衬无明显差异, 说明印版上晒出的网点与原版网点大小一致。如果晒版曝光量过度, 就能明显地看出斜线条比底衬浅或亮, 说明印版上的网点小于原版上网点; 如果晒版曝光不足, 就能明显地看出斜线条比底衬深或暗, 说明印版上的网点大于原版上的网点。

② 印刷网点扩大段 该段的垂直线条由 266 线/in 的小网点组成, 底衬由 67 线/in 的方网点组成, 两者的网点面积相同 (50%)。通过视觉观察该段网点的变化, 来判断印刷或打样过程中网点的变化。

若该段印品上的花纹没有变化, 说明网点扩大情况正常; 若细点处显白, 说明网点在允许范围内扩大不够; 若细点处显暗, 说明网点扩大超过了允许范围。

③ 印刷网点变形段 该段由 133 线/in 纵横垂直的等密度的直线所组成, 为检查印刷机或打样机的运转情况对网点再现的影响提供信息。网点变形的方向如何, 观察该变形段便可区别。

若网点没有变形, 则纵线与横线无变化; 若网点变形发生在印机滚筒的圆周方向, 则横线明显变深或变暗; 若网点变形发生在印机滚筒的轴向, 则纵线明显变深或变暗。

(3) 布鲁纳尔测试条

① 布鲁纳尔第一代测试条 1968年,布鲁纳尔(Brunner)研制成功第一代测试条,该测试条以三段式为主,其中粗网点和细网点检测标在测试条中占最重要的地位。

三段式测试条总体包括两部分:一部分由实地、50%粗网点和1%细网点(测微点)三段组成;另一部分由半色调网点组成的三段,70%、50%、25%三色中性灰平衡段共六段组成,按四色逐次循环排列。测试条幅面为6mm×74mm,可供视觉鉴定或用密度计测量,求其网点扩大值。为了简便,一般均用三段实地、粗网、细网测试条,如图7-13所示。

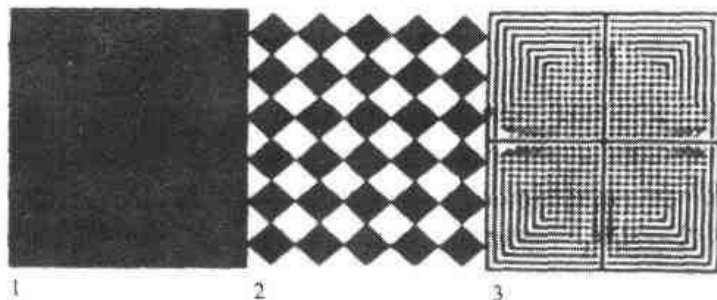


图 7-13 布鲁纳尔第一代测试条

第1段是实地段,用以测定油墨的实地密度。

第2段是10线/cm的粗网点段,网点面积为50%,用以直接观察网点扩大变形。

第3段是细网点测微段,在3mm×6mm面积上,用等宽十字线将细网面积一分为四,每1/4的面积网点形式完全相同(见图7-15)。它包括如下部分。

a. 细网点测微段,每1/4格的外角均由6线/mm的等宽折线组成。作为检查印刷时网点有无变形、重影的标记。

b. 细网点测微段,在靠近大十字线横线第一排有13个网点,最里边的一个网点是实点,依次的12个网点是空的,分别为0.5%、1%、2%、3%、4%、5%、6%、8%、10%、12%、15%、20%;而与第二排实点之间相夹有同样个数和网点面积的实网点;第三排网点靠内侧的一个网点也是实点,但从第二个网点开始取出字标表示,同时也取同样面积和个数的阳十字标,夹在相对应的位置。

阴网点与阳网点和阴十字标与阳十字标,其功能是判定印版的解像力和给定适当的曝光量。此外,还能鉴别网点转移的变化,不仅能测网点增减的数值,还能测出网点的变化方向。当网点横向扩大时,十字标的阳竖线变粗,阴竖线糊死;当网点竖向扩大时,十字标的阳横线变粗,阴横线糊死。通过十字标的变化,可直接看出网点变化的方向和网点百分比。如10%阴十字标消失,12%的阴十字标还保留横线,但其竖线消失,15%阴十字标的竖线保留,则说明网点横向扩大了12%以内,竖向扩大了15%以内,如果两者相差过多,就要调整。

c. 网点侧微段,每1/4图像内侧中心有4个50%的方网点,这是用于控制晒版、打样或印刷时版面深浅变化。如50%点搭角大时,则图像深、网点扩大量大;如50%点四角脱开,则图像浅、网点缩小。

d. 网点测微段,沿大十字线的竖方向并列的两排网点面积是不同的,第一排从下向上逐渐扩大,直至第13个网点为75%的面积;第二排从下向上逐渐缩小,第13个网点面积为25%,与第一个对应的两个网点总面积为100%。其功能是观察不同网点面积距离和网点并连范围。

e. 网点测微段, 在上下边线上, 设有超精细测试标。分 4 段排列有不同宽度的阴线, 分为 $4\mu\text{m}$ 、 $5.5\mu\text{m}$ 、 $6.5\mu\text{m}$ 、 $8\mu\text{m}$ 、 $11\mu\text{m}$ 、 $16\mu\text{m}$ 、 $20\mu\text{m}$, 用于测量印版解像力。

布鲁纳尔第一代测试条, 其结构是按粗细 50% 网点相对比的原理, 在粗、细网点总面积相等的基础上制定的, 其线数比为 1:6, 即一个细网点的周长是 50% 粗网点的 1/6, 一排 6 个细网点的周长相加等于一个粗网点的圆周长, 6 排细网点的总和是粗网点的 6 倍, 因网点扩大要大 6 倍。在相同条件下细网点扩大越多, 其密度越高, 因此, 以粗网段为基准, 取粗、细网两者密度之差, 即可求出印刷网点的扩大值。

印刷网点扩大值 = 细网段密度 - 粗网段密度。

如测得 50% 粗网密度值为 0.30, 50% 细网密度值为 0.45, 那么网点扩大值为

$$0.45 - 0.30 = 0.15$$

这种方法既简单又准确, 很适合现场管理。但布鲁纳尔网点扩大值的计算与按默里-戴维斯 (Murray-Davies) 的网点扩大计算方式相比, 其值存在 6% 的误差。

② 布鲁纳尔第二代测试条 布鲁纳尔系统于 1973 年研制成功了第二代测试条。该测试条是在第一代 (三段) 测试条的基础上, 增加了两段 75% 的粗、细网段 (即五段), 并可和晒版细网点控制段、中性灰段、叠印段等相结合, 构成多功能测试条, 如图 7-14 所示。该测试条的组成与计算如下。

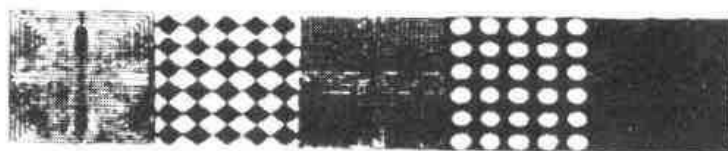


图 7-14 五段粗、细测试段

a. 晒版细网点控制段 在 $5\text{mm} \times 6\text{mm}$ 的面积内分为 6 格, 格内以 150 线/in 网点的 0.5%、1%、2%、3%、4%、5% 的细点平网依次排列。晒版时, 可根据各单位标准, 控制细网点再现的百分比, 若晒版或印刷中出现误差, 用放大镜观察该控制段即可辨明。

b. 灰色平衡观察段 在 $15\text{mm} \times 6\text{mm}$ 的面积内, 每色分三段排列, 即 Y、M、C 各为 150 线/in 的 25%、50%、75% 网点组成, 用以鉴别打样和印刷品灰色平衡的复制效果, 测试条在印刷时, 从叼口至尾部的长条分段监测中, 就可以发现有冷调蓝灰或暖调红灰的误差。

c. 叠印及色标检测段 在 $30\text{mm} \times 6\text{mm}$ 的面积上分为六种色相, 即 Y、R、M、B、C、G, 每色均为实地密度或叠印色标, 用以测定各色油墨的叠印百分比。另外, 还可测定油墨的单色密度。

d. 黑色密度三色还原段 在 $16\text{mm} \times 6\text{mm}$ 面积上分成三段, 即 Y、M、C 实地叠印三色黑, Y、M、C、BK 实地叠印四色黑, 单色黑色实地, 用以观察三原色合成黑还原色相和叠印密度。

e. 五段粗、细网点测试段 在 $25\text{mm} \times 6\text{mm}$ 的面积上分为五段, 即 50% 细网点 (150 线/in) 测微段 (见图 7-15)、50% 粗网点 (30 线/in) 段、75% 细网点 (150 线/in) 段、75% 粗网点 (30 线/in) 段、实地段, 主要功能与三段测试条近似。

f. 五段测试条 75% 网点扩大值的计算法 五段测试条比三段测试条多增加了 75% 的粗网、细网段, 其作用与 50% 的粗网、细网段近似, 因此, 75% 细网密度减去 75% 粗网密度后除以 2, 即可得到 75% 网点面积的扩大值。

若测得 75% 细网密度为 0.88, 75% 粗网密度为 0.7。

则 75% 网点扩大值为 $(0.88 - 0.7) \div 2 = 0.09$ 。

根据布鲁纳尔的研究, 50% 网段的密度范围为 0.3~0.5, 就是细网和粗网扩大值的密度差: 如果密度在 0.15~0.25 的范围 (约 20% 网点面积), 两者的密度差乘积就是扩大值; 如果密度在 0.6~0.9 的范围 (约 75% 网点面积), 两者的密度差除 2 就是扩大值。布鲁纳尔的计算方法是以 6 线/mm 为基础的, 因此单位长度内, 不同的网线要进行换算。线数增加了, 扩大值相应增加; 线数减少了, 扩大值相应减少。

g. 根据 FOGRA 的提议, 研究网点扩大量的最简单的方法是用式 (7-2) 计算相对反差 K (也称印刷对比度)

$$K = 1 - \frac{D_R}{D_V} \quad (7-2)$$

式中, D_V 为实地密度; D_R 为网点 (一般是 70%~80% 的网点) 密度。

K 值在 0~1 之间。 K 值越大, 说明网点密度与实地密度之比越小, 网点扩大就小; 相反, 网点扩大就大。另外, K 值也反映了人的视感对比度, 即反应人眼看到色调的差别。 K 值大, 反差大, 层次就丰富, 实际上 K 值既控制网点密度, 又控制网点扩大, 是数据化、规范化管理上不可缺少的一个基本数据。

用密度计测量五段粗、细网点测试段的实地密度值和 75% 细网点的密度值, 由式 (7-2) 即可求得 K 值。例如, 若 $D_V = 1.40$, $D_R = 0.80$, 则 $K = 0.428$ 。

(4) GATF 颜色测试条 GATF 颜色测试条是 1968 年由 GATF 公司发表和出售的。观测该测试条各部分, 能得到三原色油墨的性能和密度, 二次色的色相及三次色的灰平衡, 油墨的套色量, 网点的扩大量, 网点的变形和重影。

测试条由实地色块、网点色块和星标组成。

1~7 块分别是 C、G、Y、R、M、B、BK 实地色标, 其中 1、3、5、7 为三原色, 2、4、6 分别由 C+Y、Y+M 和 M+C 套印而成, 这 7 个色块可以测定印刷实地密度、油墨的性能和叠色受墨百分率。

① 油墨性能 反映油墨性能主要有三个指标: 实际效率、带灰率、色偏率。计算如下

$$\text{实际效率} = \left(1 - \frac{D_{\min} + D_{\max}}{2D_{\max}} \right) \times 100\% \quad (7-3)$$

$$\text{带灰率} = \frac{D_{\min}}{D_{\max}} \times 100\% \quad (7-4)$$

$$\text{色偏率} = \frac{D_{\text{mid}} - D_{\min}}{D_{\max} - D_{\min}} \times 100\% \quad (7-5)$$

② 叠印百分比 叠印是指多色印刷时, 各色油墨按顺序进行印刷, 油墨的叠印量通常用百分比来表示, 故称叠印百分比 (叠色受墨百分率)。它表示先印在纸上的油墨接受后印油墨的能力。评价油墨的叠印量, 可采用美国印刷基金会推荐的公式计算

$$\text{叠印百分比} = \frac{D_{V_{1+2}} - D_{V_1}}{D_{V_2}} \times 100\% \quad (7-6)$$

式中, D_{V_1} 为先印色实地密度; D_{V_2} 为后印色实地密度; $D_{V_{1+2}}$ 为二色叠印后实地密度。

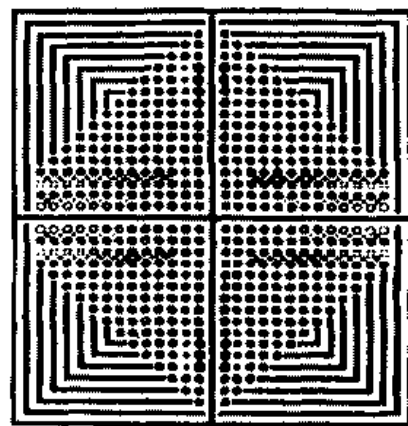


图 7-15 50% 测微段放大示意

测量实地密度要用后印色的补色滤色片测定。如在黄墨上叠印品红墨,就要用品红的补色的滤色片测量密度,测得黄实地密度 D_{V_1} 为 0.16,品红实地密度 D_{V_2} 为 1.21,黄与品红叠印后实地密度 $D_{V_{1+2}}$ 为 1.33,叠印百分比为 96%。

第 8 块是 Y、M、C 三色实地密度叠印色块。

第 9~12 块是检查不同网点面积比例经叠印后出现的中性灰程度,第 9 块 Y、M、C 网点面积分别为 40%、30%、20%,效果偏红,第 10 块 Y、M、C 网点面积分别为 20%、30%、40%,效果较接近中性灰。第 11 块是 40% 的黑色,介于第 10 与第 12 块中间,便于判断两边接近中性灰程度。第 12 块 Y、M、C 网点面积分别是 30%、20%、40%,叠色效果偏青。

第 13 块是黑实地色块,用于测量黑墨实地密度。

第 14~19 色块是三原色油墨的实地色块和各自 40% 的网点色块,用于测量网点扩大程度。

控制印刷或打样过程中的网点扩大,有两种基本方法:一种是视觉对比法,也就是利用各种信号条、测试条,通过视觉来判断网点扩大的程度以及扩大的方向;另一种是数学计算法,也就是利用反射密度计,测出相应的数值,通过计算来确定网点扩大值,也可画出相应的图表进行分析。在数学计算中,常用的是默里-戴维斯 (Murray-Davies) 的改良公式

默里-戴维斯公式为

$$D_R = -\lg\{1 - \alpha[1 - \text{antilg}(-D_V)]\} \quad (7-7)$$

式中, α 是网点面积的百分比; D_R 是网点面积为 α 处的反射密度; D_V 是实地反射密度; antilg 是反对数。

将式 (7-7) 演变,得默里-戴维斯的改良公式

$$F_D = \frac{1 - 10^{-D_R}}{1 - 10^{-D_V}} \times 100\% \quad (7-8)$$

式中, F_D 即为网点面积百分比。

在计算网点扩大值时,首先用密度计测得 D_V 与 D_R 。即可求出网点密度为 D_R 处的网点面积百分比 F_D ,将 F_D 与原版上该处的网点面积相比较,就可知道印品的实际网点面积比原版的网点扩大多少,因此,网点扩大值的计算公式为

$$Z_D = F_D - F_F \quad (7-9)$$

式中, Z_D 为网点扩大值; F_F 为原版的网点面积百分比。

第 20~22 块是 40% 网点的二次色叠印色块,用于检查中间调的网点成色情况。

第 23~26 块是 Y、M、C、BK 的星标,用于目标测检查打样或印刷网点的变形和重影。

第五节 油墨、纸张的印刷适性测定

油墨和纸张是再现原稿图文所必需的主要材料,随着产品不同面改变品种时,其再现图像的质量效果也随之改变。这里讨论的印刷适性是图像阶调、色调与清晰度复制的直接依据。其操作适性的调配,则留在打样中讨论。

一、油墨色度特性的测试

油墨在纸张上表现出的色度特性直接决定着印刷品与原稿的接近程度,是色调与阶调复

制调整的直接依据。

油墨的色度特性可以用分光光度计、色度计或比色计测定，并在色度图上标定其色相、彩度与明度。这种方法可确定其精确的色度特性品质，但测试复杂。

生产中简便而实用的方法是用彩色反射密度计的标准三原色光 R、G、B，测出三原色油墨在具体纸张上达到实际印刷标准墨层密度下的三色光密度，列于表 7-2。

表 7-2 三色光密度

三原色油墨	红(R25°)	绿(G55°)	蓝(B478°)	灰度	色偏	呈色效率
黄	0.03	0.09	1.05	2.8%	5.9%	94.3%
品红	0.16	1.40	0.68	11.4%	42%	70%
青	1.60	0.55	0.18	11%	26%	77.2%

不同牌号的各色墨测量出的三色光密度也各不相同。其中，各色油墨所达到的最高吸收密度 H （即相反色光主密度）各不相同，同时，两油墨本色光的反射密度也不为零，一个是较低密度的 L ，一个是较高密度的 M ，并且各色墨也互不相同。这需要通过计算求出三原色油墨各自的颜色三属性特征数据，以供作三原色油墨的选配和颜色复制调整的依据。

(1) 灰度 油墨对相反色光的吸收主密度 H 为其呈色的有用密度，而对本色光的吸收密度应为零。实际都有对光谱的共同吸收密度 L ，即油墨中含有灰色成分。其含灰程度可表现为

$$\text{灰度} = L/H \times 100\% \quad (7-10)$$

灰度降低了墨色的彩度（与灰度百分率互补）与明度。一种油墨，其灰度虽然不变，但随着墨层密度的增高，其绝对含灰量也就增加。

(2) 色相偏差率 各原色油墨对两本色光应当表现出相等而又最低的吸收密度，而实际则表现出不应有的吸收密度 M 和 L 。 L 为其对光谱的共同吸收密度，则 $M-L$ 表现了色相偏离的错误密度，而 $H-L$ 才是表现色相颜色的有用密度，则有

$$\text{色相偏差率} = \frac{M-L}{H-L} \times 100\% \quad (7-11)$$

三原色油墨色相的偏差以及它们之间的匹配，制约着各种色彩的混色组合比例，影响色彩再现色相的准确性，也制约着中性灰色再现的平衡比例，在选配油墨以及彩色复制调整时，应特别加以考虑。

(3) 呈色效率 各原色油墨对两个本色光谱产生的错误吸收密度 M 与 L ，对其表现颜色都是无用的。

$\frac{L+M}{2}$ 为其无用吸收密度的平均值； $\frac{L+M}{2H} \times 100\%$ 则表现其无用的错误吸收率。

在混色中，真正起呈色效果的应为

$$\text{呈色效率} = 1 - \frac{L+M}{2H} \times 100\% \quad (7-12)$$

油墨的呈色效率表现在其混色色相上具有的颜色饱和程度，表达了颜色的混色强度，制约着颜色混合的色彩平衡与灰色平衡。

任何一色的原色油墨在一定墨层的色光主密度 H 下，灰密度 L 越低，则其色彩越鲜艳；偏色密度 M 与灰密度 L 越接近，其色彩越纯正；两者同时都低，其呈色效率高。

二、纸张印刷适性的检测

在印刷压力作用下,纸张与油墨的结合性能制约着油墨网点的转印效果,直接决定着画面的印刷再现质量。纸张的表面特性还改变着油墨的色度特性。纸张的光学特性与色度特性制约着彩色画面的表现效果。由纸张差异所导致的色彩与阶调复制再现差别远比油墨变动大得多。

(1) 白度 纸张的白度是指对白光的反射能力。白度高,印刷图像表现的色彩明朗,阶调层次反差也显得强烈,光线立体感就强,反之,印刷图像表现的色彩和阶调层次也灰平。

白度一般是用白度计测量,用对白光的反射百分率来表示。也可以用反射密度计测量其反射密度,由式(7-13)

$$\text{反射密度} = \lg(1/\text{反射率}) \quad (7-13)$$

算出其反射白度的百分率。一般铜版纸的白度接近90%。白度越高越好。

白度还有另一个含义,就是其对三原色光的反射率是否均衡。如绝对相等,说明是真正的中性白色,对三原色油墨的呈色也是均衡的。如果三色光反射密度略微有差别,说明纸张偏色,会影响三色油墨呈色的均衡,会改变印刷品色彩与中性灰平衡。

(2) 平滑度 一般是指纸张表面的均匀、平整与光滑程度,它直接影响着转印油墨层(尤其是网点)对纸张覆盖的均匀一致程度。平滑度高,转印的墨层实在而无显露纸面的细微针孔,墨层密度也高,小网点再现性好。反之,则墨层印不实,需加大印刷压力,并能使墨层完全覆盖纸面,这会造成印迹网点扩大与变形等不良效果,进而影响图像阶调层次与色彩的正常再现。

测试纸张平滑度可以用触针法,由触针在纸面上移动造成的振动波来检验其平滑度,这近似而优于用手触摸判断。精确而又普遍采用的是气流式平滑度测试仪,分别克型和本森型两种。

普通印刷纸张平滑度在20s以上,铜版纸一般在200~400s,高级纸张可达1000s,平滑度越大越好。

(3) 吸收率 吸收率表示纸张对油墨的吸收能力,直接决定着其对油墨的吸收程度。纸张的吸墨性是由纸质纤维的毛细管现象和填充料的渗透性所决定的,表面施胶度可改变其吸收性。纸张对油墨的吸收性强,虽然能使油墨转印容易,但墨中的连结料多被吸入纸内,颜料则留在表面,造成油墨光泽大大降低,呈色效果不良,墨层密度降低,也易于粉化,牢固性变差。吸收性差时,可使油墨在纸张表面结膜,光泽性好,呈色效果也好,墨层密度高,但干燥慢,容易蹭脏。纸张的吸收率直接制约着印刷给墨量大小,间接影响油墨的呈色效果和墨层密度,以及网点扩大程度。

吸收率的简便测试方法是將一滴石油沥青二甲苯溶液滴向倾斜30°的纸面上,测定其被完全吸收的时间。以这个时间(s)表示纸张的吸收率。时间过长或过短,对其印刷适性都不利。彩色胶印所用纸张,以吸收率在60~70s为好,精致彩印产品时间可略多一些,一般产品可略少一些。

(4) 纸张表面效率的综合测定 纸张的表面状态和吸墨性会同时作用并改变三原色油墨的色调与灰度,进而导致油墨混色的色调变化,影响色彩再现。然而,不同的纸张(或同种不同批号),这两项性能是高低各异的,用同一种油墨印刷,其颜色再现有时差别很大。这是纸张的光泽度和吸墨率的综合效应在起作用,这个综合效应即纸张的表面效率(PSE)。其关系为

$$\text{表面效率} = \frac{(100 - \text{吸墨率}) + \text{光泽度}}{2} \quad (7-14)$$

即当纸张的吸墨率高时，要以高光泽度来补偿，而低光泽度纸张则必须以低吸墨率来补偿，才能取得相同的颜色再现效果。

① 光泽度的测定 纸张的光泽度与其平滑度、平整度、均匀度有直接关系。光泽度是用固定角度或可变角度光泽仪（如 $\phi B-2$ 型角度光泽仪）以 75° 反射光测量的。测量前先把仪器置于光滑平板（黑色研磨镜板）上，调整标准反射率使其读数为 100%，再将纸样放在测试孔上，所得读数即为纸张的光泽度（%）。每张纸样测五个点（或相同的五张纸），求其平均值。

胶版纸的光泽度在 20% 以下，铜版纸的光泽度可高达 60% 左右。

② 吸墨率的测定 吸墨率和吸收率相关，但不是用二甲苯吸收法测试，而是用试验用标准油墨（用油性颜料专门配制的黑色油墨）测定。将过量的试验墨涂布于一张或多张待测的样纸上，2min 后刮掉或擦掉余量。用反射密度计测出墨迹的密度值，或者用反射仪测出其反射率。密度值高，或反射率低时，则吸收性强，反之，则弱。这要在标准温度、湿度下进行测试，以减少油墨黏度变化的影响。

墨迹密度值或反射率与吸收率的关系，可用图 7-16 表示。图中，横坐标表示墨迹反射率，斜对角线为墨迹密度值，纵坐标为纸张吸收率。由墨迹反射率（如 70%）向垂直对应出斜边的墨迹密度值（0.15），可横向对应出纸张的吸收率（40%）。

纸张在最大吸收率时，墨迹最高密度值为 0.62，其反射率可换算为

$$0.62 = \lg(1/\text{反射率}) \quad \text{反射率} \approx 25\%$$

因此，密度值 0.62 或反射率 25% 时，对应 100% 的吸收率，胶版纸的吸收率达 80% 以上，铜版纸则在 50% 以下。

③ 表面效率的确定 由前而纸张表面效率与光泽度、吸墨率的关系公式，可设计出三者关系的换算图，如图 7-17 所示。

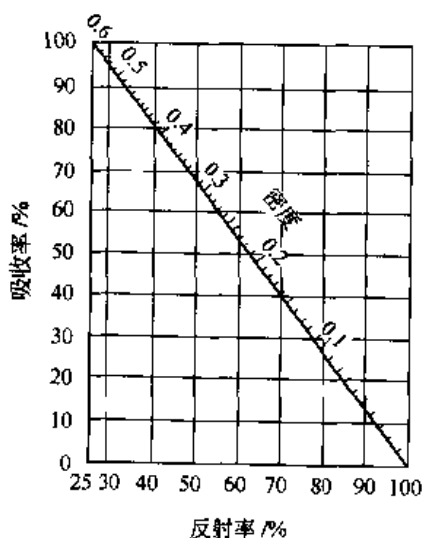


图 7-16 密度、反射率与吸收率之间的关系

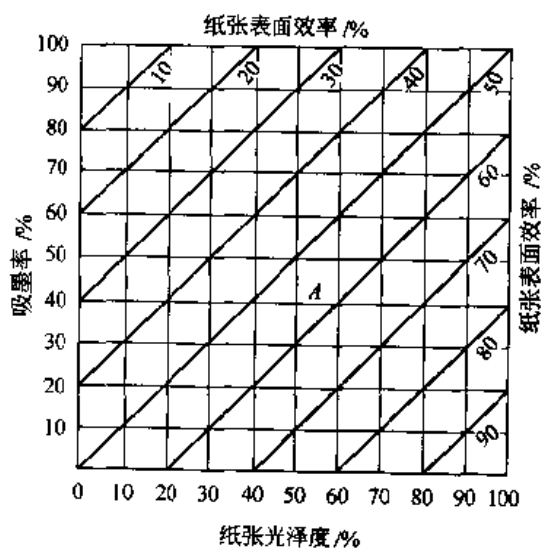


图 7-17 纸张表面效率

根据测试出的纸张光泽度与吸墨率，可转换出纸张的表面效率。如测知纸张光泽度为 50%，吸墨率为 40%，可在图 7-17 中找到其纵横坐标交点为 A，由 A 作对角斜线，其表面

效率为 55%。目前最好的纸张，表面效率最高不超过 65%，胶版纸的表面效率在 20% 以下。将生产中常用的纸张品种，预先测出其光泽度与吸墨率，标在图中，可得出代表各种纸张表面效率数据的各点。当纸张表面效率改变时，可预测其影响颜色再现性能的程度，而对表面效率相同的纸张，可以相互更换代替，其颜色再现效果不变。掌握纸张的综合表面效率，可以代替对平滑度与吸收率两个不相关联数据的分别测试。

④ 纸张表面效率对颜色再现的影响 通过不同表面效率的纸张，对不同型油墨（快干墨或油型墨）印刷墨层的灰度、色偏与呈色效率的测试，效果如图 7-18 所示。可以看出，纸张表面效率与油墨呈色表现特性间的关系：油墨的色偏与灰度可随纸张表面效率的降低而增大，而呈色效率则随纸张表面效率的降低而降低。纸张与油墨结合后，进一步制约了油墨混色的彩度范围和色彩再现的准确性。

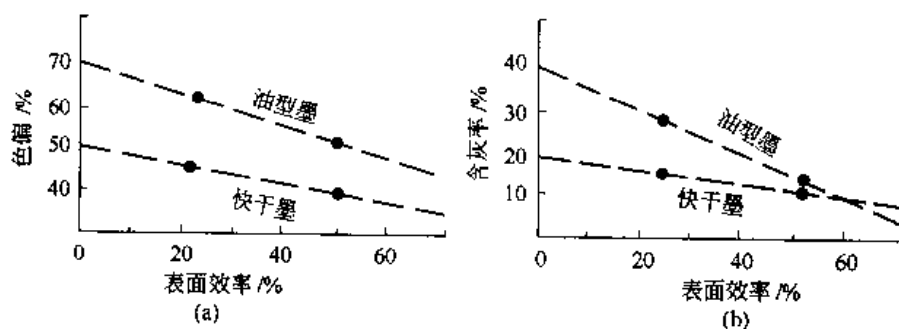


图 7-18 纸张表面效率对油墨颜色表现特性的影响

具体的原色油墨，只有在具体纸张表面效率的作用下，求得其颜色表现特性，才能为颜色复制误差的校正提供准确数据和稳定灰色平衡与叠色混合色彩平衡的再现。同时，通过对印刷墨层密度与网点扩大数据的控制，才能准确可靠地得到颜色的再现。

三、印刷与打样数据的测定

印刷是彩色图像复制的最终再现。前面工序的工艺方法、操作数据和半成品质量标准，都应当服从于满足图像的印刷再现。那么，也必须以印刷合成再现所提供的条件来进行图像分色加网的复制调整。制版印刷全复制过程的数据测试、控制和数据标准的规范，也必须从印刷做起。

1. 印刷墨层密度与网点扩大值的测定

彩色图像的印刷质量取决于阶调层次与色彩的再现，两者都是通过油墨网点的转印来表现的，那么，印刷网点的质量状态、网点大小及其变化，以及网点的墨层，就成为决定印刷图像质量的基础数据。其中，印刷墨层密度和网点扩大值数据（以原版上 50% 网点阶调的绝对扩大量为代表）是主要数据。

印刷品上的网点扩大有光学扩大与物理扩大两种现象。光学扩大是纸张的双重反射造成的，对一定纸张，其光学扩大量是固定的。这里所说的是指因印刷压力的机械作用，油墨网点受物理作用所产生的物理扩大变化。

现代的平版印刷是靠轻压力作用，由橡皮布转印油墨来实现间接印刷的。由于油墨的流动性，在压力作用下，油墨网点是一定要扩大的。其转印到纸上的状态、大小变化，以及网点墨层也就与印刷压力息息相关。其中，首要的是橡皮滚筒对印版的压力，其次是墨辊对印版的压力，面橡皮滚筒对纸张的压力则影响较小。墨层密度与网点扩大值数据也只有在稳定而理想的印刷压力下才有意义。

在印刷材料、设备器材印刷适性与印刷压力确定的条件下，供墨量大时，印刷墨层密度就高，网点扩大量也随之增大；供墨量小时，墨层密度就低，网点扩大量也减少。为了良好而稳定地再现图像阶调层次与色调，要求墨层密度能高一些，而网点扩大量要少一些。

(1) 测试方法 在具体的印刷材料、设备器材和理想印刷压力条件下，用晒有网点梯尺与包含有实地、50%、75%网点内容的测试条（如布鲁纳尔测试条）和任一图像画面的印版，分别给以依次递增的供墨量，每个供墨量下印出数张样张，保证每张样张网点整洁、实在、无重影变形。用反射网点密度计分别测出各样张的实地密度 D_v 、75%网点密度 D 以及50%网点阶调处的印刷网点绝对扩大值（即印刷网点与阳图片网点百分数的差值），并求出各批样张各自的平均值作为数据标准。

干燥墨层比刚转印的湿墨层密度要低 0.05~0.10，测量网点百分率或密度时，应始终在同一干湿状态下进行。

(2) 确定最佳数据的两种方法 随着网点的扩大，各阶调网点的印刷密度都要随之增加。按网点的周边长度比例，50%网点的扩大值最多。但是，因网点扩大后的密度增加量越往暗调端越多，75%网点阶调处，层次变化多，是中暗调的主层次阶调，同时，其印刷网点密度增加较多，与实地的密度差又大，网点扩大后的密度变化最为敏感。因此，一般用实地密度 D_v 与 75%网点密度 D_R 的差值除以实地密度值，作为相对反差值（ K ），见式（7-2）。

印刷相对反差值越大，说明此时实地墨层密度越高，网点的扩大量越少。

如果分别计算出不同供墨量各批样张的印刷 K 值，将其随实地密度的变化关系绘图（见图 7-19），可以发现，在实地密度由低增高时， K 值也随之增加至最高，而实地密度过量增高时，由于网点扩大量的增加，75%网点印刷密度也剧增，印刷相对反差值则又变小。

在不同墨层密度的样张中，选取达到印刷 K 值最高者，其实地密度可作为最佳的墨层密度数据，再测量其 50%网点阶调的印刷网点扩大量，作为最佳网点扩大数据值，此时便是两者的最佳折中数据。

由于三原色油墨的实地密度不同，三色版所能达到的最高 K 值也各不相同，一般黄版 K 值在 0.3~0.4，品红版在 0.4~0.5，青版在 0.5~0.6，黑版在 0.6 以上。

对于不同色墨的不同实地密度，其 75%网点的 K 值与 50%网点印刷扩大值的关系如图 7-20 所示。

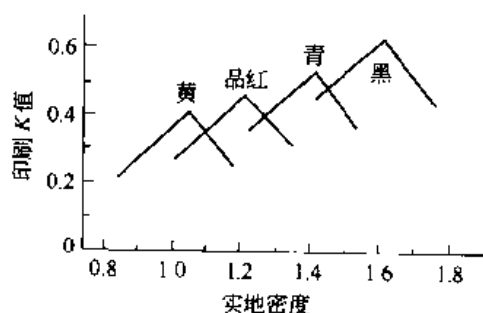


图 7-19 印刷 K 值与实地密度间关系

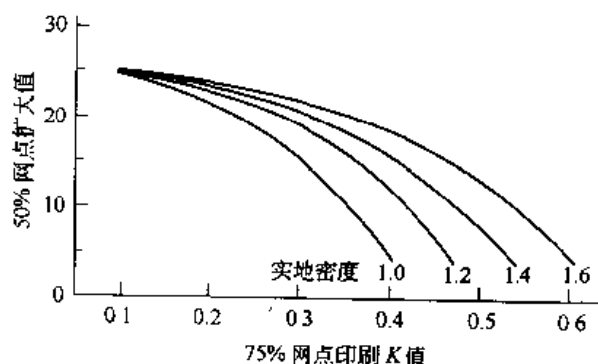


图 7-20 75%网点 K 值与 50%网点扩大值关系

K 值可以作为对印刷最佳状态的测试控制数据。但测量与计算较繁琐，而且还不能一次知道 50%网点的扩大值数据和整个网点阶调的扩大状况，也不能直接作为打样或制版网点阶调的数据依据。

如果没有反射网点密度计,可用连续调密度计测量印刷(或打样)测试条中的实地密度 D_V 、50%粗网点与细网点的密度 D_R ,因假设粗网点(10线/cm)是不扩大的,可用式(7-15)求出网点相对扩大率

$$\text{网点相对扩大率} = \frac{D_{R\text{粗}} - D_{R\text{细}}}{D_V} \quad (7-15)$$

用网点相对扩大率代替网点绝对扩大值,网点密度和网点百分率之间还有一层对数关系,而且粗网点也要有微量扩大,相对扩大率则低于绝对扩大值,且计算较烦琐,现已较少使用。

将上述不同批样张的实地密度值和50%网点的绝对扩大值绘入坐标图,如图7-21所示,可以看出,网点扩大值随实地密度增加而增加。如果连接曲线上最低扩大值1%和最高扩大值20%(大于20%时印刷品就不能用了)的两点A与B,曲线上距AB直线最远的一点C(曲线的顶点)所对应的实地密度值和网点扩大值为在一定印刷条件下的最佳配合数据。如油墨印刷适性相同,对各色油墨,可同时求得接近相等的网点扩大值,以及不同实地密度的最佳数据。

这样确定的两项印刷数据可以用来直接作为网点扩大值与实地密度的变化关系加网制版的数据依据,以及确定打样数据与印刷数据差距的参考依据。

网点阶调的印刷扩大值在12%~15%时,图像印刷再现效果最佳。低于6%,说明印刷墨层密度不足,高于15%,说明印刷材料性能差,设备器材调整欠佳。

三原色版的网点扩大值最好确定为基本接近一致。当某一原色版网点扩大值误差为2%时,三色混色误差就可觉察出来,最多不可超过3%。只有在三原色版印刷(或打样)网点扩大值一致时,再加上中间转换工序的网点扩大一致,才能使三原色版的网点阶调灰平衡比例更接近,保证制版印刷全过程灰平衡复制与再现的稳定。加大黄版墨量与网点扩大的传统作法是不利于色彩与灰平衡稳定再现的。

(3) 测绘印刷网点阶调扩大曲线 在印刷网点扩大值最佳数据确定之后,再测量同等条件下的印刷网点梯尺,求出各级印刷网点对阳图原版网点的扩大量。然后,描绘出如图7-22所示的全阶调印刷网点扩大曲线(实线)。这条曲线在进行分色加网制版、网点阶调层次复制曲线推导设计时,可直接作为基础数据曲线。

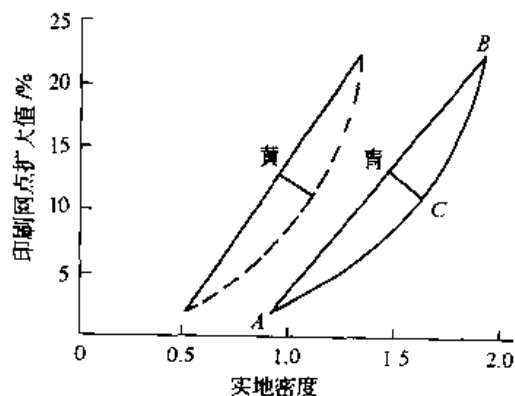


图 7-21 网点扩大值与实地密度的变化关系

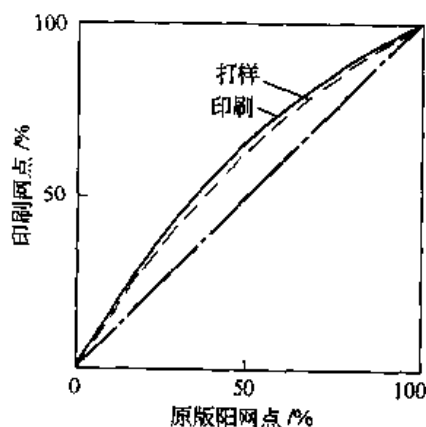


图 7-22 印刷网点阶调扩大曲线

由于方点、圆点、链形点等形状不同,网点搭角及周边长度变化不同,其网点阶调印刷

扩大曲线形状也不同,应分别测绘。

2. 打样墨层与网点扩大值的确定

打样是模拟印刷,检验制版效果,以便修改或为重新制版提供依据,也为印刷提供样张,是制版与印刷的桥梁。因此,打样数据必须同印刷数据保持稳定的联系。

由于打样与印刷的机器性能、速度压印方式不同,操作条件较好,转印效果也好。同等印刷材料条件下,能打印出较高的墨层密度和较低的网点扩大值,其 K 值也高。但打样样张不是最终的印刷品。为此,打样应服从印刷,力求接近印刷的最佳数据。由于网点扩大是决定图像阶调层次与色彩再现的关键数据,这就需要以实际的打样条件,首先确定打样同印刷之间的网点扩大值数据差距关系,而不能以打样所能达到的最高 K 值或较低的网点扩大值来孤立地确定打样数据。

当印刷机性能、材料与操作条件十分优越时,印刷和打样所能达到的数据就比较接近。这时,不妨把印刷网点扩大值直接确定为打样网点扩大值控制数据,允许误差 $\pm 2\%$ 。这样,打样和印刷的图像再现效果就基本接近,这是最理想的。当印刷与打样条件以及各自能力所达到的最高数据差距较大时,必须先确定打样网点扩大值数据,可以比印刷低 $3\% \sim 5\%$,这个差数,可通过晒浅正式印刷版 $2\% \sim 4\%$ 网点来补偿。如果这个网点扩大值差数还不能弥补印刷与打样网点扩大值差距,再调节增加打样压力(但不要超出正常压力范围)。必要时,再稍增加供墨量。当达到既定的打样网点扩大值时,测试其实地墨层密度,也可测出此时的打样 K 值,都可作为打样操作的控制数据。这样,虽然打样网点扩大值比印刷低一些,但增加了打样压力,墨层密度会相对提高,能弥补打样网点扩大值少的不足,再加上还要晒浅正式印刷版 $2\% \sim 4\%$ 网点,仍然使打样与印刷图像阶调再现取得比较接近的效果。

同印刷一样,三原色版的打样网点扩大值应确定一致,误差不要超过 $\pm 2\%$ 。墨层密度也要同时做到稳定控制,误差不超过 ± 0.05 。

在打样网点扩大值与墨层密度确定之后,还要测试出打样网点梯尺的各梯级网点扩大数据,绘出打样网点阶调扩大曲线,如图 7-22 中的虚线。此曲线可以随时用来判断打样与印刷图像阶调层次再现的差别,也可以将其作为制版网点阶调的参考。

3. 叠印效率测试

(1) 叠印效率 在四色印刷中,各色版油墨网点的着墨墨层密度、网点阶调的扩大和油墨层的叠印效果是决定印刷图像质量,特别是颜色与层次再现的三项主要参数。

单层油墨印在纸上,纸张表面性能对油墨的转印起着很大作用,但在多色油墨叠印时,前层墨膜遮盖了纸张表面,降低了对下一层油墨转印的吸附性能。逐层油墨叠印效率的好坏制约着三原色油墨网点压印后的混色效果,决定着图像色调与阶调密度层次的再现。叠印效率是制约图像色彩与灰平衡印刷再现的重要数据。

影响叠印效果的因素较多,如纸张的结构与表面性能、油墨的渗透状态、润版液用量以及印刷速度等,但最重要的因素则是前层油墨的干燥状态、各层油墨的黏度对比以及两相叠印墨层的墨量比例。单色印刷机可测试出叠印效率最高时前层油墨的干燥时间,并加以控制。四色机的连续印刷,除前一色版图文网点(或墨量)要少,并增加前层墨的干燥性外,还需逐次降低后色墨的黏度,以改善其湿叠印效果。叠印效率可用布鲁纳尔叠印公式计算。用彩色反射密度计测量单色与叠印墨层。由于是测试后一层油墨的叠印效率,应统一使用后一层墨色的补色光来测量,以减少误差。

以上是按理想油墨叠印的色光密度相加性原理来测量计算叠印效率的。实际的叠印情况

是异常复杂的,使叠印密度经常不具有单色墨层密度的相加性,表 7-3 列出了一次实际测量值。

表 7-3 一次实际测量值

油 墨 \ 色 光	红(25#)	绿(25#)	蓝(25#)
黄	0.03	0.09	1.15
品红	0.16	1.41	0.69
青	1.63	0.55	0.18
合计	1.82	2.05	2.02
叠印密度	1.69	1.79	1.75

如果用理想油墨在理想实验条件下,按照单色墨层厚度转移叠印时,叠印密度会略高于单色墨层色光密度之和,叠印效率可超出 100%。这是由于油墨的不透明性、墨层内部多重光反射以及表面光泽变化等因素产生的印刷附加特性等造成的。

更多的实际印刷情况,则如表 7-3 中的叠印密度 D 那样,低于各单色墨层同色光密度之和。这是由于油墨的遮盖力使各层色墨的色彩吸收不充分,以及上层油墨转印的不完全造成的。实际的叠印效率总量达不到 100%,一般 90%就是最好的叠印效果了。

叠印密度虽然不具有理论上单色墨层密度的相加性,然而,用同一色光测量单色墨层与叠印密度,用布鲁纳尔叠印公式计算叠印效率,仍是控制三色油墨叠印混色稳定程度的重要手段。

(2) 叠印密度曲线的测绘 由于图像各阶调网点大小不同,油墨网点压印部分的多少也不同,其各阶调网点的叠印密度效果也是不一样的,这对图像各阶调层次密度再现有微妙影响。测绘叠印密度曲线可以掌握印刷或打样各阶调密度再现的具体效果,更好地控制印刷色彩平衡与灰色平衡。

可用三色版灰平衡网点梯尺外加黑版网点梯尺,通过晒版、打样(或印刷)出单色、三

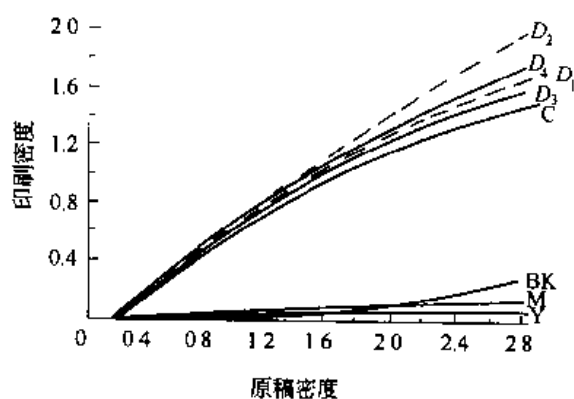


图 7-23 叠印密度曲线

色和四色叠印梯尺。用彩色反射密度计的某一色光,一般多用红光(表 7-3 表明,红光下青墨密度与叠印密度最接近)测出各单色、三色与四色叠印梯尺的各梯级色光密度,在坐标纸上绘出各条阶调密度曲线,如图 7-23 所示。图中,曲线 Y 为红光下黄墨单色梯尺密度曲线;曲线 M 为红光下品红墨单色梯尺密度曲线;曲线 C 为红光下青墨单色梯尺密度曲线;曲线 BK 为红光下黑墨单色梯尺密度曲线。

若按理论上的密度相加性,则 Y、M、C 三曲线逐点阶调密度之和得曲线 D_1 ; Y、M、C、BK 四曲线逐点阶调密度之和得曲线 D_2 ; D_3 为三原色油墨网点的叠印层次密度曲线; D_4 为四色油墨网点的叠印层次密度曲线。

可以看出,实际的三色或四色油墨网点叠印出的密度层次曲线同三色或四色各单色印样的同一色光密度之和是有差距的,在暗调端尤为明显,叠印效率越低,这个差距越大。叠印效果的差别直接影响着图像中至暗调颜色与阶调的实际印刷再现效果。如果叠印效率能达到 90%左右,能使印刷与打样效果比较接近,才能基本达到制版所设想的复制再现效果。

叠印层次密度曲线的测绘、对具体印刷操作所取得的图像再现质量、制版阶调层次复制曲线设计和灰平衡数据测定都是直接的制约数据。如能控制稳定,可防止印刷再现质量的偏差。

4. 灰平衡数据测试与曲线绘制

由于三原色油墨色相偏差与呈色效率的差别以及纸张颜色表现性能的差异,造成三原色油墨呈色的不平衡,致使等墨层厚度、等量三原色油墨网点叠印,再现不出中性灰。倘若印刷中三色墨层密度、网点扩大值与叠印色序、叠印效率等再稍有变化,则差距将更大。如果原稿图像的中性灰色得不到准确的再现,图像的整体色调和所有色彩也就很难准确再现了。

针对油墨与纸张的呈色缺陷,也可以调整三原色油墨的着色率,改变各自的墨层密度,使之叠印出中性灰色来,但这并非易事。可行的办法是在既定的油墨纸张条件、确定的墨层密度、网点扩大值与叠印效率条件下,调整三原色版各阶调网点的百分数比例,即改变三色版的各级网点色调值,使各阶调三色网点都能叠印出中性灰色,这个能印刷再现出中性灰色的三原色版各级网点比例,即为灰平衡比例数据。

灰平衡数据是彩色制版整体色调与色彩变化的依据,也是三原色版阶调层次网点深浅比例的依据。灰平衡的印刷再现又是控制油墨纸张呈色性能、墨层密度、网点扩大与叠印效率,使图像颜色与阶调层次复制与印刷再现稳定的综合手段。灰平衡数据与其印刷再现是整个制版印刷规范数据的主轴线。

灰平衡数据的测定,需在既定的印刷材料、印刷数据与叠印效率条件下进行,方法有如下三种。

(1) 对任意一组三原色油墨,可用彩色反射密度计分别测量出三色油墨的各自三色光密度,通过 Neugebauer 方程,采用迭代法计算,求出构成中性灰色平衡时所需三色油墨的密度配比值。这种计算方法十分复杂,而且各色油墨的透明度与遮盖力不同,油墨渗透不同,色序与叠印效率不同,所产生的颜色吸收光效应也不同,使理论计算同实际叠印效果产生较大差距。

采取计算与试验相结合的方法进行测试,灰平衡再现比例主要受三原色油墨颜色属性(色偏和色效率)的制约。在确定的纸张和三色油墨等印刷条件下,印刷以中等量的墨层密度,用彩色反射密度计的 R、G、B 标准三色光分别测出三色油墨的各自三色光密度,并用公式计算出各自的灰度、色偏和呈色效率。将具体三原色油墨在图 7-24 圆形色品图中标出。其圆周方向以色偏百分率表示油墨的色相位置,半径方向表示纯度百分率(与灰度百分率互补)。可以看出,三原色油墨在色相圆周方向大都是非等边三角形分布,色相偏离和纯度(或呈色效率)影响着灰平衡再现的比例。只有在当两原色墨混合成的二次间色,同第三个原色墨在色相上过圆心直线对应互补,并且对色光吸收的呈色效率相等时,才能满足三色油墨压印成等量密度中性灰色的条件。

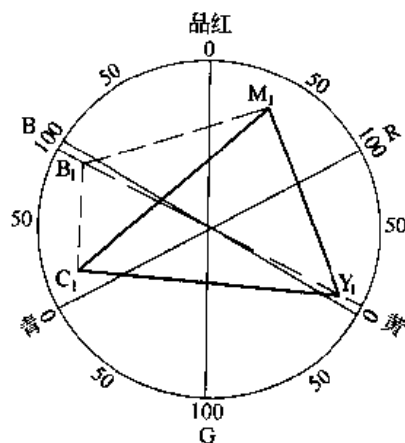


图 7-24 圆形色品

可先以黄墨(色偏较少)作基础,由图 7-24 查知黄墨的色偏百分率,比如为偏红 5.9%,其过圆心直线对应的互补色,应为色偏 94.1%而又偏青的蓝紫色,如图 7-24 中的 B_1 色相。只有在这样的两色相对应互补时,才能混合出理想的等

量中性灰色。用品红和青两色油墨叠印出预定的 B_1 色相是比较容易的。只需做变更该两色墨层密度的叠印试验，并用色偏公式计算其色偏率为 B_1 色相的 94.1% 时即可。然后，再与变更墨层密度的黄墨压印，就能得到理想的等量中性灰色。此时的三色墨层各自色光主密度便是叠印密度或等量中性灰密度（简称 END）。

在中等墨层密度下，一次计算和试验找到中性灰平衡的三色墨层密度比例之后，可以用近似的比例系数来加大或减小三色墨层密度值，其灰度、色偏和呈色效率不变，按理也都应能叠印出中性灰色来。但是，由于叠印效率的变化、油墨的遮盖力及其在纸张上叠印的综合反映，致使不同墨层叠印出的灰色平衡程度会有少量变化，仍需通过压印试验测试，略作调整。一般从中密度至低密度呈近似线性比例，而从中密度至高密度则需略增加黄与品红墨密度。通过这些计算和试验测试，便可得到三色油墨在各级密度下的灰平衡墨层密度比例，以及叠印出来的各级等量中性灰密度，并可绘出曲线，如图 7-25 所示。

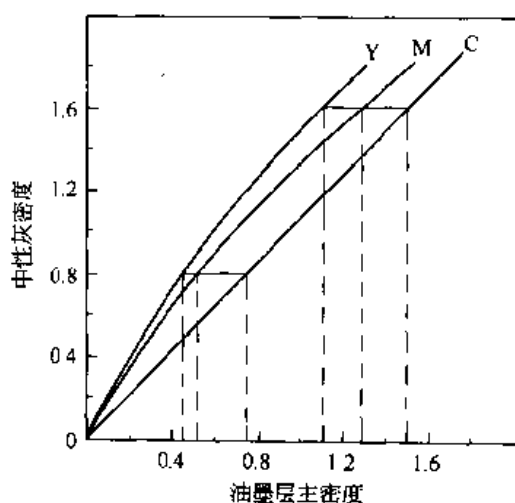


图 7-25 灰平衡比例曲线

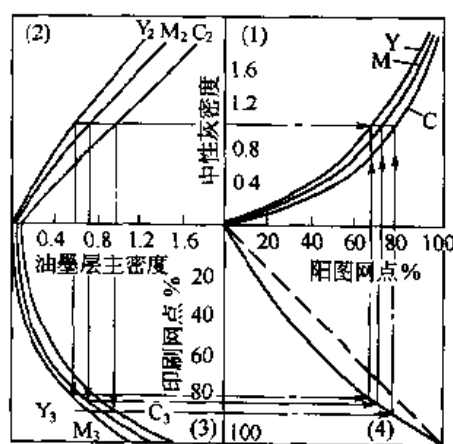


图 7-26 灰平衡网点比例曲线

有了具体三原色油墨的灰平衡密度比例曲线，就可以用坐标象限转换方法求出在不同的印刷实地密度与网点扩大数据下，三原色油墨网点的印刷灰平衡再现比例曲线，进而推导出阳图网点的三色灰平衡比例曲线，如图 7-26 所示。推导步骤如下。

① 第二象限设 Y_2 、 M_2 、 C_2 ，为图 7-26 的三色油墨灰平衡密度比例曲线。

② 第三象限的三曲线 Y_3 、 M_3 、 C_3 ，是以已经测试确定的三色油墨最佳印刷（或打样）实地密度，用默里-戴维斯公式计算并描绘出来的反射网点密度曲线。

③ 第四象限，设三色版相同的印刷网点阶调扩大曲线（即图 7-22 中曲线）。

④ 由第二象限三曲线 Y_2 、 M_2 、 C_2 （同一中性密度水平）上的各点，向下垂直延伸，与第三象限各自的反射网点密度曲线相交，相交点各自对应的网点百分数即为三色油墨印刷网点的灰平衡再现比例。转弯各自向右延伸，与第四象限的印刷网点阶调扩大曲线相交，就去掉了印刷网点扩大量，变成阳图原版的网点比例。然后，再转弯向上延伸至第一象限，与第二象限向右延伸来的中性密度水平线相交，即可分别描绘出阳图原版灰平衡网点比例曲线。 Y 、 M 、 C 所对应的密度即为三色油墨网点能叠印出的等量中性灰密度，同一密度下的三色网点即为加网制版阳图三色网点灰平衡比例。这三条曲线中，已经包含了具体的印刷材料、印刷墨层实地密度、印刷网点阶调扩大与叠印效率等主要印刷数据。

运用这个计算转换方法,即使在印刷墨层密度与网点扩大数据改变时,只要变更其设置的曲线数据,都可预先推算出制版阳图网点阶调的灰平衡比例数据。只是在具体纸张上能压印出中性灰色时的三色油墨主密度比例测试起来颇费周折。

(2) 简便直接而又精确的灰平衡实验测试方法 用桌面彩色制版系统或电子分色机扫描无银灰梯尺,利用其横向放大拉宽功能,先记录两张方形过渡网点片,网点角度错开,网点从3%均匀过渡到98%。一块用作青版,一块旋转90°用作品红版,按测试确定的印刷材料与印刷数据,两块版叠印(打样)。

在叠印的双色画面上,可大致划出一个呈蓝紫色的对角区域,然后,按照如图7-24那样测量计算的黄墨色偏率,确定其互补蓝紫色的色相与色偏率,再用彩色反射密度计测量并计算其色偏率与黄墨成对应互补色的各点,连成曲线。以此曲线上品红版图片的各级透射网点百分率为基础,青版与品红版各级网点比例为依据,调整分色系统青版的高、中、低调层次曲线,重新扫描无银灰梯尺,网点角度错开,拉宽记录一张过渡网点片,用作青版,原来的青版改用作黄版。

将这三张过渡网点片(青版与品红版方向相同,黄版旋转90°)叠印在一起,可发现会叠印出一条中性灰色条带,用彩色反射密度计的三色光测出三色密度相等的深浅色点,并记录其叠印的中性密度,可连接出中性灰色对角曲线。再测出对应此中性灰线三色网点片的透射网点百分数,就是制版阳图网点阶调的三色灰平衡网点比例。并可直接绘出能压印出等量中性密度的三色阳图网点灰平衡比例曲线如图7-27所示。此曲线对应的中性密度与三色阳图网点应和图7-26第一象限的三曲线完全一致。

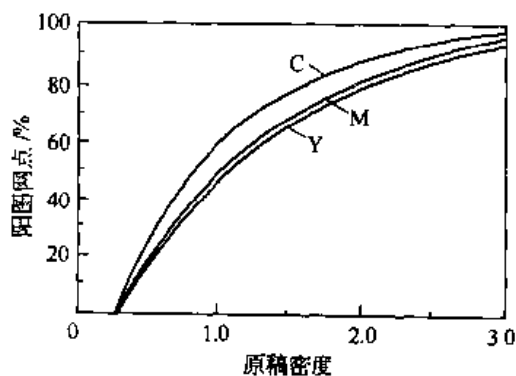


图 7-27 中性密度与阳图网点灰平衡曲线

此法制作测试图片虽稍费事,但测出的各级阳图网点灰平衡比例均可保证三色版各阶调网点能再次压印出准确的中性灰色。印刷材料或印刷数据变化时,可随时打样、检查或调整新的灰平衡数据。

(3) 粗略而省事的常用方法 先从色谱中,用直观比较的方法,找出三色油墨网点压印出最接近灰色的深浅色块。以这些灰色块粗略的三色阳图网点比例,用分色设备的标准层次或任一层次调整功能(钮)或灰平衡调节钮,比如以青版网点层次为基准,对黄与品红的各阶调网点,再作略深与略浅1%、2%网点的调节,扫描灰梯尺,记录出几套三色网点比例略有差别的三色网点梯尺。分别对应拼版,同时打样叠印出各条灰梯尺。先用目测,再用彩色反射密度计测量选择其三色光密度最接近相等的梯尺,其三色梯尺阳图片的各阶调网点比例可作为制版阳图网点的三色版灰平衡比例。

测量叠印灰梯尺的各梯级密度(常达不到精确等量密度的中性灰色)与三色阳图网点梯尺的各级网点比例,可对应描绘出如图7-27所示的中性密度与阳图网点灰平衡曲线。也可以直接以原稿灰梯尺梯级密度与三色梯尺网点的对应,描绘出如图7-28所示的灰平衡网点层次曲线。还可根据三色压印梯尺各级偏色的不精确程度,修正1%的某一色网点。此曲线虽不显示其叠印的等量中性密度,但对桌面系统电子分色的层次灰平衡调整比较直观,使用方便。

还可以只用三色阳图网点梯尺的各级网点比例,以青版网点为基础,绘制出如图 7-29 所示的单纯灰平衡网点比例曲线。这种曲线是跳跃变化的,其各灰色块不一定是等量密度的中性灰色。电子分色机也只能对三大段阶调按色谱的网点比例做粗略调节,叠印出灰梯尺的各级调,不易都达到等量密度的中性灰色,常有个别梯级略有偏色,其数据较为粗略。由于其省事简便,并在印刷数据变化时,可随时用其多套网点梯尺原版打样检查或调整数据,在实际生产中经常使用。

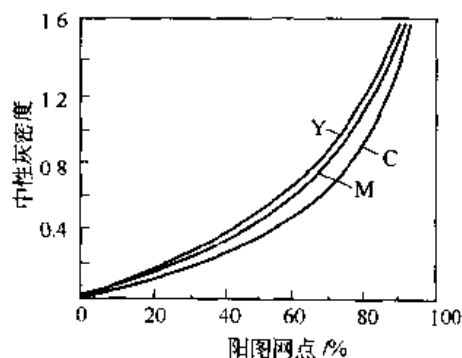


图 7-28 灰平衡网点层次曲线

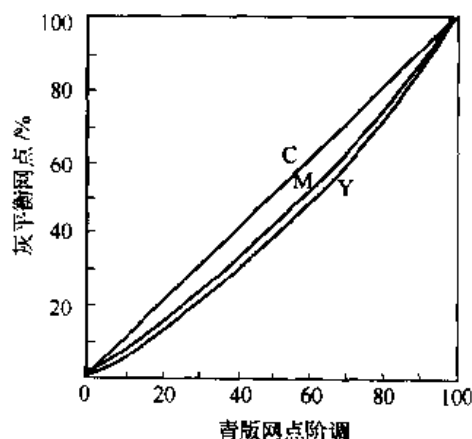


图 7-29 灰平衡网点比例曲线

四、晒版数据的测试控制

现实的彩色复制,从原稿分色制版到印刷,中间还要通过晒版的图像转移过程。显然,在晒版的图像转移过程中,代表图像阶调层次与色调的网点数据要有所变化。规范化数据化工作对晒版图像转移过程工序的要求,一是数据转换差距要小,二是对其转换数据要控制在最大可能的稳定程度。

晒版是分色制版图片向印刷(或打样)过渡的桥梁,是决定图像印刷(打样)再现的基础。图片上的网点转移到印版上,网点数据一定会发生变化。由于从原版图片到印刷品画面的网点阶调扩大数量把晒版网点阶调变化(一般是缩小)也包括在其内,这就要求晒版网点变化差数要尽量小,同时,这个转移差数要保持稳定。

1. 稳定晒版网点变化因素

(1) 控制原版网点质量 原版图片网点的虚实与密度的高低,对晒版网点转移的深浅变化影响很大。应当以二次拷贝网点或激光电子加网的硬性网点作为晒版网点转移数据测试与控制的标准。一般不应当用网屏一次加网的虚软网点图片直接晒版。

(2) 印版网点再现的标准 晒版网点的转移数据是以原版图片各阶调网点同印版上网点再现的比较作标准的。打样版由于是为了检验制版图片的准确程度,要求其中调网点应基本还原原版,可以晒浅不超过 2%,不应当晒深,而且要保证原版 2% 小网点能再现。印刷版根据打样与印刷网点扩大的差数,一般中间调晒浅 5% 仍能保证 3% 或 4% 的小网点再现。如果晒浅量再多,就会损失原版高光阶调层次了。

(3) 稳定显影因素 PS 版显影时对晒版网点数据转移的影响较小,应首先加以稳定。影响显影效果的主要因素是显影液浓度和显影时间。温度的影响较小,应固定显影的标准程度,即图文网点空白处显影彻底、干净、不带脏,图文网点上墨容易、来墨快,网点墨层覆盖实在。按此效果,通过测试,将显影液浓度与显影时间的最佳配合数据确定下来,并注意显影能力衰退时药液的定量补充。

2. 晒版曝光数据测定

决定晒版网点转移深浅主要而常变的因素是 PS 版的感光度和曝光量。应针对原版网点质量标准 and 印版的网点深浅要求测试出具体版材的准确曝光量。一般是固定灯光亮度和光照距离，测试准确的曝光时间，或者用光量测量仪测出曝光指数。

测定晒版曝光量，可用包含有灰梯尺（级差 0.15）和含有 0.5%~5% 细网点的全阶调网点梯尺作测试信号条。变更曝光量，当网点梯尺的小网点与中间调网点再现，达到印版要求时，其灰梯尺显现的梯级为曝光程度（晒度）标志。

当 PS 版的感光度改变时，曝光量应随之测试调整，但晒度梯级标准则基本不变，只有在原版网点质量变化或印版深浅要求改变时，才改变灰梯级晒度标准。

通过对改变曝光晒度与梯尺网点再现对应变化的测试，可以描绘出晒版网点阶调再现与曝光晒度的关系曲线，如图 7-30 所示。以便在调整晒版网点再现要求时借用，并可用其判定每次晒版网点再现的深浅。

3. 印版网点数据测量

分辨率很高的 PS 版，晒出的网点百分数可以用仪器测量。一种方法是用放大 100 倍以上的刻度显微镜测出印版上指定网点的直径，计算其网点百分数。或者对具体线数网点，预先计算并描绘出其直径与网点百分数对应曲线图，可由直径查出其网点百分数。也可用共同透明梯尺网点直径作比较，得出印版上指定网点的百分数。

另一种方法是用网点积分仪（测微仪）进行测量，将印版网点放大投影，求出其网点面积与单位面积之比，即可得出指定网点的百分数。这种方法很精确，可以测量任意形状网点。

还可以用反射网点密度计测量。在晒版完成后，随即轻轻上墨（黑墨最好），墨层要上实，并吹干版面水分。先在网点附近的空白处（密度约 0.3）将反射网点密度计调至零位，再在实地墨层处调至 100%，即可对任意网点进行百分数测量。由于其墨层实在，网点光洁无扩大现象，其测量精度不低于纸上的印刷网点。但如果砂目过粗或空白过少时，对浅网点的测量精度降低，测量印版网点因较费周折，只适用于基础实验数据测试分析。只要测出其与测试控制条的对应关系，即可由测试条数据代替，不必每次进行测量。

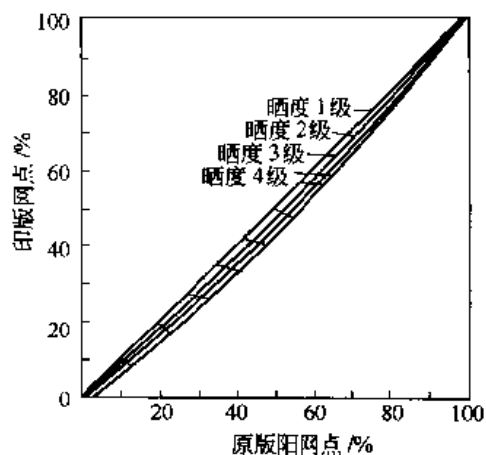


图 7-30 晒版与网点阶调再现曲线

第八章 各类原稿的特点及复制要点

原稿是制版工艺的原始复制依据和基础。原稿质量的优劣直接影响印刷品的质量。原稿被称为组成印刷品的五大要素（原稿、制版、印刷、纸张、油墨）之首。制版原稿，无论是创作的绘画、宣传画或彩色照片均属视觉欣赏艺术，都渗透着原作者的构思。因此，欲复制再现其艺术性，必须对原稿的特点进行分析，抓住重点，制定相应的工艺实施方案，使复制品完美地表达原作品的艺术精髓。

第一节 反射原稿分析

反射原稿包括国画、油画、水彩画、彩色照片、版画、黑白照片以及印刷复制品等。

一、国画

1. 国画的特点

国画是我国传统造型艺术之一，在世界美术领域内自成独特体系，为东方绘画的主流。国画描绘景物，要求“形神兼备”、“气韵生动”，着重意境含蓄，构图视界宽广。主要用线条、墨色表现形体，有高度的表现力。

在表现手法上有工笔、白描、写意、工笔兼写意等方法；在使用色彩上又有水墨、淡彩、浓彩、没骨法等方式。一般都画在宣纸及画绢上面，所以有纸本和绢本之分。由于作画年代的不同，又可分为新画和古画两类。

国画主要是用线条、墨色来表现形体及质感，因此，它主要的特点是“以墨为主，以色为辅”。所以制版时必须抓住焦、浓、重、淡、清五个不同浓度墨色来表现。色彩则要明朗、沉着、朴厚、柔和，并有所谓“以浓而腻、淡而不薄”的民族绘画特色。

写意画着重物像意境描绘，用简练有力、寥寥数笔表达主题的意境。画面上湿笔的墨韵，干笔或枯笔的笔触，以及淋漓尽致的泼墨，均是复制的重点。

工笔画一般是用工整秀丽的线条勾勒出形体的轮廓，然后再涂以浓淡适宜的墨色或色彩，强调“以线立骨”。它的明暗层次大部分依靠线条粗细、曲直、浓淡来表现。复制时防止无浓淡、无粗细和生硬失真，缺少国画的应有风格。

工笔兼写意画是占画面比重较多的一类画法。画面主题用工笔笔法描绘，主题的陪衬则用写意手法，在笔墨、设色方面是粗细相同，浓淡相陈，疏密匀称。复制时必须两头兼顾，焦墨和浓墨应有所区别。这类画的色彩不宜过艳，也不应淡薄。

水墨画只用焦、浓、淡、重、清的黑灰色调作画。由于水墨的晕渲及宣纸的吸水性较强，整个画面层次丰富，并有很好的润泽效果。制版时以黑、灰墨的变化为重点，主要表现出水墨画中“破”、“擦”、“点”、“染”等四种绘画持法，焦、浓、重、淡、清的色度渲染，均需顾及。

淡彩画色彩较淡，在用色上油墨色相要淡些，色量可用中等，但黑、灰的墨量应浓。

重彩画要求鲜艳且稳沉，多以浓重的朱红、石绿、群蓝、藤黄墨表现。

对古画的复制，要求色彩古朴乱真，底色平服；保留绢纹或宣纸的质感，不应单纯追求

强烈对比，而破坏整个画面。根据画面有彩和无彩，须制定出以原色为主或专色为主的制版方法。以原色为主的绢本要注意绢地平整。以专色为主的，要尽量避免画面呆板单调。印章印刷可另用专色版，保留粉质感，并根据印章的晦暗程度，决定各色版对印章衬色的色量。

2. 国画印版的制作要求

(1) 桌面印前系统

① 国画不是以色彩取胜，强调的是艺境，是阶调的分布。因此，首先要强调定标，黑白场的数值一定要准确。一般都是根据画面的冷暖色调确定白场数据，若是画家有意留白，可将白场定为绝网，用白纸的白色来表达。

② 国画极重视用黑墨，因此，采用全调黑版，阶调分布如图 8-1 所示。要充分领会原作的意境，黑墨的焦、浓、重、淡、清五种等级要准确使用，拉开层次。黑版最轻处，也即是画面的亮调部分，可根据情况选用淡清黑墨表达，可以从 1%、2% 的网点起用。

③ 若复制的是古旧的国画，则应注意使用满版铺 10%~20% 的灰网，也就是将黑版的整体阶调往上平移，以表达出原作年久变灰的古旧感。

④ 因为国画忌使用过分鲜艳的颜色（写意类尤其突出），分色时要有意识控制暗场的 CMY 在 50% 以下。四色阶调分布如图 8-2 所示。若要加大 CMY 数值，则可增大 UCA Amount 的量。

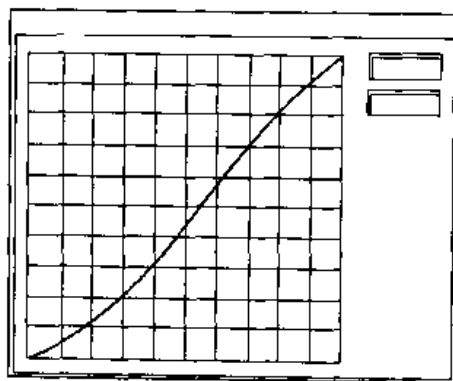


图 8-1 黑版阶调分布

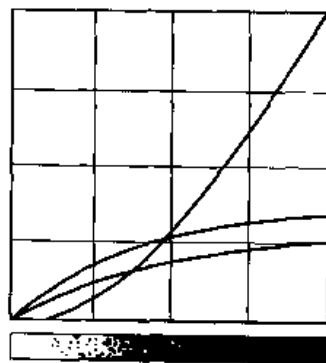


图 8-2 四色阶调分布

⑤ 国画的清晰度调节的原则是中等偏低，千万不能过。对于以黑墨线条为主的国画，锐化适中就可以了。对于强调水墨渲染的国画，则要表现出渲染的气氛、朦胧的意境，可将锐化强度放低。根据画家的原意利用 Photoshop 软件中局部调节的功能，若对图像的个别部位作大量锐化，可以通过局部作选区的方法或工具箱中的 Focus Tools 局部锐化的工具。

(2) 电分制版 国画适宜非彩色结构复制。通常采用底色去除和非彩色结构复制方法。电分复制应遵循国画的特点，重用黑版，黑版阶调应尽量长，并兼顾到淡、清墨韵滋润饱满，色彩与墨韵处理得当，力求达到色不碍墨、墨不碍色，使复制获得更好的效果。

① UCR 复制 以墨色为主的国画在制版时，把黑版作为主色，其阶调做长做全，而且色量要做足。黑版的定标应该从亮调的淡、清部位到最暗的浓墨部位都有网点。亮调的淡、清墨部位网点面积率控制在 2%~3%，宣纸的底色处绝网。暗调的浓墨部位网点面积控制在 85% 左右，极黑墨部位可达 95%~100%。三原色在黑色部位处理的原则如下。

a. 底色去除的范围要长，应从淡、清墨部位就开始。

b. 去除量在焦墨处，可采用两组数据：一组是青版为 60%，黄版、品红版为 45%，黑版为 10%，面积覆盖率为 250%；另一组为青版 55%，黄版、品红版为 40%，黑版为

100%，面积覆盖率为235%。

c. 黄版、品红版与青版的比例相差6%为宜，使三原色油墨仍保持对应网点比例的灰平衡关系。

原稿的纯焦黑处可用暗调增益使原稿焦黑（100%）与黑（95%）拉开距离。为了避免深、中调起增益作用而成平调，则要求暗调增益起始范围尽量小，增益量可大一点，达到焦黑处所需量为止。

国画类原稿的底色常常容易因色量过量而与浅灰调并级。可采用电分机设置的极高光提升（高光陡度），将衬底色去除，即可拉开衬底色与浅灰调，同时图内基本色及浅灰调有足够的色量。

黑版阶调的设定应根据去除量而定。凡是去除量大的原稿，黑版要定深，去除量小的原稿，黑版要定浅。用黑版来弥补各色版因去除而损失的密度。这对于黑版无补偿功能的电分机更为重要。

古画类原稿的复制，应注意保持其色调协调统一，色彩稳重沉着，线条处应保持挺拔有力、层次清晰逼真的特点。复制方法与以墨色为主的国画类原稿相似，也应重用黑版。通常是以画面中黑色占有面积的大小及有无漂亮的基本色来确定黑色定标数值和黑韵处黄版、品红版、青版的底色去除量。例如复制阶调正常的古画，为了达到图内漂亮的基本色色量，要求暗调定得稍深（阳网黑场定标，Y90%、M90%、C2%、BK85%；白场定标，Y2%、M2%、C1%、BK3%），黑色处的Y、M的衬色量也要比国画多一些（即去除量少一些，去除量达到Y35%、M35%、C30%）。

黑版也要用长阶调即BK高调，比C版较低（C99.5%，BK约97%）。暗调定标85%还要通过颜色增益一个层次（到93%左右）。同时，图内的灰调应适当选用好高调的阶调值。

清晰度强调量选择合理，使清晰度强调中平滑值大于锐化值。国画校色时，应注意特有颜料色彩的正确再现，保证其色彩的正确，如大红Y100%、M100%、C5%、BK10%；石青Y20%、M20%、C79%、BK15%；朱砂Y80%、M20%、C70%、BK10%。

古画类原稿要特别注意大面积衬底色的还原效果。大面积底色的确定，可采用以下方法：白场定标在取三色平衡值后，应检查底色衬色的色彩比例。在一般情况下，应把以底色衬色的相反色通道用图片调节旋钮调至所需要的定标值（此时将扫描头对准底色衬色），这样其余两个基本色也就大致符合要求。

另外，电分操作者应根据成批画册的特点及其工艺要求，若需要改变油墨色相及实地密度时，必须事先对此有所了解，以便确定正确的定标数据。

② 非彩色结构复制 非彩色结构工艺复制国画，应设置全阶调黑版，以阶调长、墨量深、层次丰富来正确复制出五种不同浓度的墨韵变化。但黑版定标不宜过深，墨量不宜太重。因过重墨量会出现墨色浑浊、墨韵层次并级、线条虚口太生硬等弊病，从而失去国画柔和清淡的感觉。因此，阳网定标一般控制在：黄版45%~55%、品红版45%~55%、青版50%~60%、黑版80%~90%。如原稿暗调偏色，应先通过UCR或UCA纠正后再使用GCR。清晰度强调应比正常使用量要弱些，使国画线条有柔和感。如强调量过大，往往造成灰色部分边缘虚口太深太硬，产生浮雕，失去国画的柔、淡效果。

③ 专色制版法 中国画复制中往往遇到同一版面上，纸本、绢本不一，底色呈色不一，色彩沉稳、华丽不一，给复制带来困难。当采用其它制版方法不能达到较高水准时，可采用

专色制版法。

专色制版工艺要保持整个版面和谐统一和国画的固有色为主的复制要求，专色一般不超过六色。典型的彩色版设色为黄、品红、青、黑、灰、白六色，若遇石绿、曙红、石蓝等浓艳色则另设一专色版。一般纸本水墨画设黑、灰、章红三色。

国画复制好坏，底色是个关键。纸本的底色只要求是比白纸部分略深的淡灰色，可采用底色镂空，铺8%~10%平网方法，使画面平服。如用三色版网点组合，各色版的网点都在3%~6%之间，这样大面积的平网网点的质量难以控制，印刷极易串色。

做镂空版时，若修版基础差，镂空版修不好，易出现硬口现象，损失国画特征，可改为衬色版。将三原色衬色1%~2%，保证其淡层次完整，再用5%~8%灰色版作为衬色叠加。如果是冷色调灰色版，则添加一些品红和黑墨，如果是暖色调底色，则加一点黄和品红油墨，以显示纸质和色调冷暖，复制效果非常理想。

绢本底色大都呈较清新的褐色，绢纹清晰，色调平整，网点在55%~60%，分色通道Y、M均可，以让出大部分鲜艳色为选择，并略加大清晰度强调量、底色去除以掌握黑墨部分与绢纸相平或略低为好。

水墨画电分复制时，黑灰二色版阶调、色量要有区别，其特定曲线如图8-3所示。黑灰版阶调的连接至关重要。黑版一般放足，阶调拉长，着重于中、暗调区域，焦墨部分网点值要偏深些，压缩小量的清墨部分。根据原稿情况进行限位，使高光部位保持3.5%~10%网点。灰版主要渲染的清墨，必须强调高光层次的完整，在中暗调区域只是作为黑版的衬托。

金版在古画制版中用得较为广泛，特别在扇面画中，为画面增添了富丽华贵之气质。随着年代及收藏条件不同，折痕或磨损使画面留下不规则的剥落痕迹，这些自然交织的斑驳，形成了一种具有对比美的韵律感，为求逼真的复制效果，采用金墨作专色印刷。

金版的制作工艺比较繁复，大致步骤如下。

a. 电分扫描一张无网高光片制作金版。通过图片调节达到金与底色脱档，但金与黑墨相平。

b. 用黑版分色网点阴片拷贝一级无网蒙片（在网点阴片和感光片中间衬白纸）。

c. 用一级无网蒙片与黑分色片叠合，拷贝二级无网蒙片，其目的在于使中调区域出现足够密度。

d. 用此二级蒙片与金版分色片叠合，用接触网屏拷贝金版的网点片，网点值在60%~70%左右。

制作金版要求翻拍的二次原稿，在金色部位不能有一点反光，在彩色片上金色部位实际应略呈深棕色的斑块。

国画复制有多种方法，应根据原稿特点，采取相应的工艺、技术措施和正确的调节方法，制出形神逼真、令人叹服的佳作。

二、油画

1. 油画的特点

油画全面地运用了绘画的造型艺术，因而在色彩、造型上有独特的表现手法。油画通过

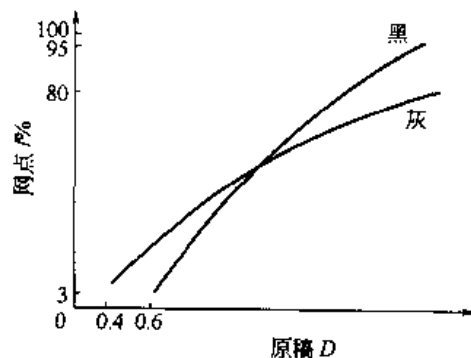


图 8-3 特定曲线

丰富厚实的色调和明暗的强烈对比，能够充分表现出任何一种气氛，真实地表达各种景物的质感、立体感。油画强调颜料的堆砌，具有强烈的色彩反差。它在细部层次、颗粒质感方面的表现方法也很独特。从笔触里可以观察到千变万化、丰富多彩的颜色。主要笔触部分强烈，深色调深而不黑，淡调亮而不薄，多数画面是以混合色调为主。油画的幅面一般尺寸较大，是反射原稿中反差最强烈的画种。

油画的特点可归纳为：色调浓重，含蓄协调，鲜明准确；对比强烈，刚劲有力，颜色变化丰富；笔触及画布纹理清晰。由于油画用的是可塑性的膏状油质颜料，画笔画布也是特殊的，通过画家用画笔和画刀层染于粗糙的画布上，就呈现出一定的浮雕状纹理，具有一定的立体效果，构成了油画的特殊风格。

2. 油画二次原稿的弊病

油画二次原稿的主要弊病有：密度反差变化大，有的过分淡薄，有的过分闷暗；打光不均匀，有反光点；颗粒粗糙，轮廓虚浑；倍率过大，经常放大1000%~1600%；偏色较大，有些肖像画，画部肤色偏成土黄色，有些则偏成青紫色。

这样差的二次原稿用于制版，是影响复制质量的主要原因，也给电分规范化操作带来一定的困难。

3. 油画印版的制作要求

(1) 油画印版的桌面系统制作要求 油画的复制应该采用以三原色为主，三原色版做长、做全，采用短调骨架黑版的工艺方法。

白场定标数据根据具体的油画而定，当页面采用白涂料画面，可以将最白处定为绝网。选定有层次的亮调部分为白场。为表现亮调部分的层次质感，一般以三原色小网点表示。黑场定标要注意黑处不是全黑，三原色采用最大的变化数据，一般数据配比为C95%~98%、Y85%~92%、M85%~92%、BK55%~65%。采用短中反差黑版。

(2) 油画印版的电分制作要求 电分复制接触较多的原稿是油画，油画的复制应该采用以三原色为主，黑版为骨架的工艺方法。只要调节得当，都能得到较为理想的复制品。

例如原稿反差适中，色彩鲜艳、厚实、阶调正常的油画。复制时应尽量拉长制版阶调，暗调定标要深（阳网Y94%、M94%、C96%），黑版调子要短（80%），高调处要绝网，漂亮色适当多校。图内黑色部位大的原稿，Y、M、C的暗调定深的缘故可适当去除，去除点以中间调开始，去除量达到12%；黑色部位不大的原稿，Y、M、C的暗调处可不去除或尽量少去除，以使画面立体感更好。

主校、选校旋钮置于正常位置。

4. 油画颜色校正要领

油画用色是非常科学、艺术的，色调和色彩倾向性是油画的主旋律。颜色校正首先要重视两点：一是要认真分析每幅油画作品的色调和色彩的主要倾向，然后分析色彩的组合成分；二是要强调整体意识，从整体上去识别、处理色彩。千万不能因强调局部的色彩对比而破坏了画面的主调。校色要领如下。

① 基本色定足，达到最大的饱和度。局部深原色要达到100%实地，深于阶调范围5%，并要保持基本色的各级层次。校色标准位是以暖色调基本色在11级彩色梯尺中保持7级层次，冷色调基本色保持9级层次。如天安门城楼上的大红柱子、红灯笼，最深处Y100%、M100%，中调又保持层次，在阳光照射下，显得鲜艳厚实、光彩夺目，增强了喜庆气氛。

② 相反色用量适度。因为油画的色彩变化和调子层次都要靠相反色的介入，因此，要

适度延长相反色的阶调范围，校色标准位是以 11 级彩色梯尺中保持 5 级以上层次为准。除极鲜亮的色彩不放相反色外，其它亮度级的色彩都衬相应的相反色，使颜色层次有生动的变化。如科学家《达尔文》肖像挂图，大面积背景是蓝紫色，按一般原稿复制不放黄色，而油画衬适量的黄色，可使蓝紫色浑厚、沉着，与画面人物协调一致。

③ 复制油画应特别强调灰平衡准确，这样才能准确地再现原作的灰调和混合色。目前中国油画灰调子、酱油调子较多，缺乏颜色，这对油画色彩是个冲击，因为现在一些画家的审美情趣认为灰调子是最美、最高级的色调。

④ 注重冷暖色调处理，特别是大幅面的肖像画，一要重视油画本身的特点，二要处理好受光面的暖色调和阴暗面的冷色调，只要亮面和暗面的色彩关系准确，就能收到引人入胜的色彩效果。

三、水彩画

1. 水彩画的特点

水彩画强调水的功用和趣味，有独特的艺术风格。它是水溶性颜料在粗纸上描绘而成。凭借水分的多少，表现出色调的浓淡和透明度。利用画纸的白底和水分相互渗融性能，反映出透明、轻快、湿润等特有效果。

水彩画中，绘画风格有淡彩和浓彩之分。浓彩是在纸上用铅笔勾画出大体轮廓，用色彩变化表现出物体的形象、光线的变化、景物的透视和整个画面的艺术气氛等。淡彩是在铅笔素描的基础上，选择地涂上几笔轻快飘逸的色彩。由于水彩颜料的半透明性，画面仍可见铅笔的轮廓线痕迹。水彩画具有明朗、轻快、色彩鲜艳独特的风格，并具有自然晕染层次，画面反差较小，一般在四开尺寸以下。

2. 水彩画印版的制作要求

根据水彩画幅面小、反差较平的特点，照相复制中可采用直挂工艺。网点反差一般控制在 5%~75% 左右。对于画面鲜艳色较多的原稿，可采用架子法进行校色。为保持水彩画的轻快感，用色上应以三原色为主，黑版应淡而崧，在画稿上暗调处色量不宜过多，在鲜艳、光亮部分，不宜使用黑版；在淡调灰色处，为便于修整可用黑版细网点表现。

在淡彩画中，以突出线为主、色彩为辅，深调反差也须作适当的降低。对于质量要求精细，而四色又难以表现的原稿，可考虑增加浅色版，以表现大面积的亮调层次。

对于色彩鲜艳、基调轻快明朗的水彩画，电分复制宜采用三原色为主，骨架黑版为辅的常规复制工艺，黑版的最深处控制在 70% 的网点。对于一些以黑线条为主，颜色艳丽的水彩画的原稿可采用非彩色结构复制工艺效果更为理想。非彩色结构复制去除量应大于国画，黑色部分可用 100% 黑色来代替，以提高黑色线条反差、清晰度和印刷时的稳定性。图像暗调油墨覆盖率控制在 Y30%、M30%、C40%、BK100%，即 240%。

制版时应注意把水彩画的多水分和色彩多变而又含蓄的特点表现出来。由于用油质颜料表现水质颜料存在局限性，往往是印刷品颜色过重，失去水彩画明朗、轻松的风格，使印刷品产生发闷和生硬的现象，所以在用色处理上要加以注意。

3. 水彩画颜色校正要领

水彩画的颜色校正，一方面要做到科学、艺术地理解水彩画用色的特点；另一方面要做到合理、正确地运用电分校色功能，获得色彩的还原性好，饱和度大。

(1) 重视灰平衡 由于水彩画多以混合色为主，色调和谐，因此校色重点是掌握灰平衡。方法是在画面中找出 25%、50%、75% 三个灰色控制点，检查灰平衡比例的准确性。

若灰调偏色，则按灰平衡比例进行调整。

(2) 增强画面上的“白” 每幅水彩画，画家都细致周到地留白处，用画面上的“白”表现景物受光部位，也表现白色或浅色物像，以使画面醒目、明亮。因此，对画面的“白”要精心定标。首先找出白色控制点，作为画面的最亮点，局部不需要层次的白色定绝网，需要层次的白色物，则用三原色小点组成，景物受光部位提亮。这样既突出画面的白和明亮度，又充分表现亮调细腻层次。

(3) 强调色彩饱和度 为了加深色调和使每种色彩达到最大的饱和度，采用在固定标准校色位基础上，用黑场定标密度值调整到局部深原色达到 100% 实地的方法。这样，既使基本色饱和度加大，又使整个色调加深，获得两全其美的效果。

(4) 适度运用相反色 由于水彩画多以调和色为主调，校色时注重相反色的运用，做好颜色平衡，以表现画面的色彩变化和层次的明暗关系。如绿色中的品红，做到在 11 级彩色梯尺中出 5 级层次的校色量，使各级绿色中衬有不同深浅的品红网点，达到绿色层次丰富的效果。

(5) 注重色彩空间感 由于水彩画属于西洋画体系，传统西洋画的塑造方法，概括地说，是对组成描绘对象体积的面形进行分析（体面关系），以表现物体的立体感。注重按照色彩表现空间距离的原则，有意识地对近景的物体处理得浓些、暖些；对远景的物体处理得淡些、冷些。方法是用黑场定标密度值控制暗调，把近景物体色调加深；用白场定标密度值控制亮调，使远景色调减浅；远景的色调，青版比例略深于标准量 1%~2%，从而更好地表现出水彩风景画的空间感。

四、水粉画

1. 水粉画的特点

水粉画是用不透明的水溶性粉质广告颜料绘制的，它具有色彩娇艳、遮盖力强的特点。在绘画技法上有厚涂法和薄涂法两种。厚涂法画面水粉有些堆积笔触与油画相似。薄涂法与水彩画相近，特多枯笔、干笔的笔触。运笔恰当，往往能表现出油画和水彩画两者兼有的艺术效果。

2. 水粉画印版制作要求

水粉画多用于宣传画、招贴画、封面图案装帧设计等。宣传画大都是用鲜艳的色彩来突出表达画面的主题思想，对粉质感特征要求不高，复制时不要过分追求粉质的特点，只要保持水粉明快、轻松等风格。

以黑线条为主，颜色艳丽的水粉画原稿，复制可采用非彩色结构工艺，采用大量的底色去除，黑色线条下的三原色墨量减少 40%~50%，黑色部分用 100% 黑色代替。暗调油墨总覆盖率 Y30%、M30%、C40%、BK100%，即 240%。

色彩艳丽、线条比较清淡的水粉画，复制宜采用传统三原色为主、黑版为辅的四色工艺。三原色阶调长，黑版阶调短，BK65%。为突出色彩的新鲜感，高光至中调不用相反色，只用基本色作层次。高、中、暗调基本色比原稿所需要的色应适当加深些，基本色宜深不宜浅。

水粉画复制要注意白底色与浅色，中间混合色与基本色层次拉开。当需要颜色高光浅调与白底色并级时，将扫描头对准白底色，用高光陡度使之绝网，拉开二者距离。三原色混合调往往偏深，与基本色相矛盾，电分定标时对准混合色，降低暗调层次曲线或提高暗调定标设定密度即可解决。

3. 水粉和水彩画的桌面系统制版要点

青、品红、黄三原色色版采用极长阶调 (0~100%), 充分表达画中应有的层次内容, 使用极短调高反差黑版, 最大量可定到 75%, 以拉开暗调的层次, 强调图像反差, 如图 8-4 所示。分色后若该鲜艳的颜色中仍有不少的相反色, 可通过将 Curves 曲线拉成“S”型来调整, 降低甚至去除相反色, 对于水粉画尤其要将相反色色版阶调做短, 这样才能利用油墨的最大饱和度充分反映画面上娇艳的色彩。加大 UCA 量, 可加强暗调部分的色彩再现, 使中暗调颜色更加鲜艳。



图 8-4 阶调定标

4. 水粉画颜色校正要领

根据水粉画颜料的特点和油墨色相所能再现色彩的条件, 有几种重要色需要做必要的调整, 尽量做到接近原作的色彩效果, 其规律如下。

(1) 橘红色 视觉上黄色量大于红色量, 而分色机仪表却显示黄与红的数值基本接近。打样后与原作色相比较, 橘红色显得不够鲜亮, 红色量过多, 黄色量缺少。因此需调整黄与红的比例, 黄版的大红色位稍调深 5%~6%, 品红版的大红色位稍调浅 5% 左右。这样, 橘红色较接近原作色相, 显得鲜亮。

(2) 绿色 为使画面中的绿色鲜艳夺目, 除了少放相反色、缩小品红版的层次范围之外, 还有一个重要规律是, 适度加深青版的色量, 色量加深 5%。这样复制出的绿色就显得青翠碧绿, 给人一种愉快的视觉感受。

另外还有些面积较大的绿色景物, 由于黄、青两个基本色版的中调与暗调层次易并级, 为拉开这一级层次, 应用好黑版, 适当延长黑版层次曲线, 以加深暗调层次。

(3) 荧光红色 印刷油墨无法再现水粉画中的荧光红, 因此, 一方面要向客户解释; 另一方面也可通过一些调整, 使之尽量接近。规律是把荧光红的基本色——品红版做足, 调整为比该色相所需色量深 5%; 由于品红墨色相偏冷, 所以要把荧光红亮处的青和黄都校成绝网。青版的绝网面积大一些, 以突出荧光红的鲜亮度。

(4) 混合色 有些面积较大的茶色、棕色、土黄色等混合色, 电分调节时应注意控制深中调不能过深, 最好控制在 75%~80% 左右, 使之与 100% 的大红深原色拉开距离, 这样有利于印刷给足墨量, 使画面色彩鲜艳、饱和度大。

五、版画

1. 版画的特点

版画是运用笔和刀在各种版材的版面上进行刻画, 直接用油印、水印或水漆印复制成多张作品的一个画种。它具有黑线条刚强有力、色彩鲜明浓厚、对比强烈、画面的暗部木纹痕迹明显、起伏隐约的特点。

版画可分为木版画、铜版画和石版画。木版画是常见版画的一种。画面是以刀刻出的痕迹来显示它特有的刀锋、刀味和木材印迹。木版画分为单色和套色两种。套印木刻一般仍以黑色为主要色版。但也有以彩色为主, 黑色降为次要色。对画面的重点彩色, 复制中以专色处理。

石版画是用毛笔或炭笔等直接或间接制作在版面上的画。较好的石版画表现单色人物像而部, 层次比较柔和丰富, 黑白对比极为明显。

铜版画用刻刀或刻针雕刻成图案线条，并经腐蚀即成凹线图案线条疏密排列来表现景物的形态和明暗。复制中不宜用网点来表现。

2. 石版面印版电分制作要求

彩色版画可用底色去除复制或彩色结构复制工艺。扫描阴网，拼修后拷成阳网版。若采用底色去除复制法，黑版应采用网点版，但给定值要深，宽容度要小，调子特别陡，黑色线条三色版作大幅度底色去除，以免套印不准及墨层糊版。如图 8-5 所示。

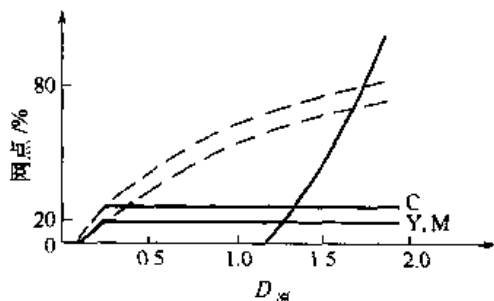


图 8-5 彩色版画复制层次曲线

精细产品版面，可采用 150 线细网扫描，适当加大细微层次强调量，以提高细微线条和轮廓的清晰度，并注意强调不要过头。应使木刻画中的线条精细自然，保持原稿的风貌。

在油墨配色上，可适当减淡油墨色相，在印刷中墨量适当提高，达到实地色厚实平服，保持色平衡还应考虑用着色墨高的黑色油墨获得线条轮廓、

版面轮廓清晰的良好效果。

六、素描

素描是用单一色料绘成的画稿，如铅笔画、钢笔画、蜡笔画等。其中铅笔画是素描中最普通的一种，是用单线条或铅笔的浓淡晕染层次来表现景物形体明暗和质感的。它分为两种：一种是用线条表现的，只有在落笔和起笔的轻重上有浓淡之分；另一种是用擦染法的笔法表现，画在粗糙的铅画纸上，具有晕染色调和笔触。

钢笔画是以粗细、疏密不同的线条来表现浓淡不同的中间色调。具有流畅、刚毅的特色。素描画用照相复制方法较多，但生产中大多采用特硬片直接拍摄阴网和镂空蒙片，二片相叠后拷晒成阳网。钢笔画可直接拍摄无网单色。对于略有晕染色调的钢笔画，可直接拍摄阴网再翻拍阳网。电分复制的版面阶调宽容度要窄，调子要陡，网点要塌，白纸部分电分用高光陡度绝网，其复制曲线如图 8-6 所示。

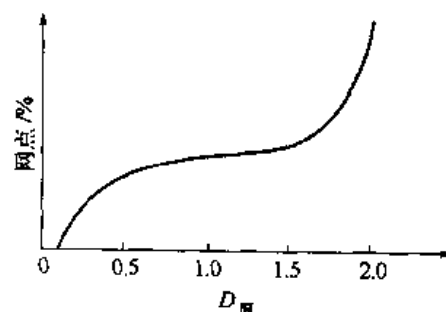


图 8-6 钢笔画复制层次曲线

七、彩色照片

彩色照片即天然色照相纸，是彩色多层感光材料的一种。它的结构和呈色原理与天然色正片基本相似，是目前制版经常采用的一种原稿。

1. 彩色照片的特点

彩色照片是由天然色负片放大或晒印在彩色相纸上，其色彩较为鲜艳，质量比彩色片稳定。但清晰度较差，颗粒较粗，反差大，高低调层次损失较多。有的彩色照片由于天然色负片本身色彩不正，虽经放大冲洗时校色，仍呈偏色现象，在分色前要作正确判断，加以纠正。彩色照片对复制来说有两个优点：一是彩色照片与印刷品的亮度范围及密度反差比较接近。印刷品四色叠印后的最大密度为 1.8~1.9，完全可以达到彩色照片的密度反差，容易做到色调层次再现；二是彩色照片的亮调和暗调的密度变化不太大，一般亮调定标密度都在 0.02~0.15 之间，大多数都在 0.04~0.09。暗调定标密度都在 1.5~2.0 之间，大多数在 1.6~1.8。

2. 彩色照片印版的制作要求

彩色照片宜作原大或缩小制版，不宜作放大复制。彩色照片这类原稿采用电子分色最为适宜，通常以三原色为主，黑版为骨架版的复制方法。彩色照片阶调多数较灰平，电分定标应适当拉开画面反差，充分利用纸面上 0.10~1.8 的最大密度反差，以逼真地再现彩色照片的反差效果。

① 白场定标要拉崩。局部白的地方一定要定白，可以适当放弃部分次高光层次，以增强画面的明亮度。当然高光定标崩，容易粗糙，应掌握适度，崩到以大面积需要颜色层次的亮调部分颗粒不明显粗糙为准。

对高光白场定标密度的选择要认真，要尽量选在原稿的主体部位，或选在原稿需要层次的中性白部位。

② 暗调黑场定标要拉开层次。标准密度反差原稿的定标值为 1.7；暗调密度小，需加深复制，定标密度值应前移为 1.4~1.6；暗中调密度大，需提亮复制，则定标密度后移为 1.8~2.0。

③ 四色版网点面积之和为 320~340，Y80%~85%、M80%~85%、C95%、BK75%~80%。

④ 有些逆光彩色照片阶调的暗中调密度大，层次并级。因此，应把黑版的阶调做得极短，层次曲线极陡，网点面积大，阴网值为 25% 左右，着重加深最暗一级层次，这样，既与次黑部分拉开，又能增强画面的反差效果。

八、新闻照片

新闻印刷的纸张为卷筒纸，印刷过程中靠张力完成印刷，纸张缩涨严重，网点扩大率高，底色严重，结构比较疏松，吸墨强，加上印刷时使用高速轮转机，层次较易缺失，色彩由于带灰挂毛而饱和度降低，所以加网线数为 130 线/in 以内。在新闻照片复制中要充分考虑这些特点，在制作时做适当补偿。

(1) 色彩鲜艳明快 为了体现彩报的宣传效果，考虑印刷条件较差，应尽量让颜色纯净饱和，防止相反色过多致使套印串色后带来脏感。在 Photoshop 中可用提高饱和度和专色纠正提高基本色，降低相反色来实现。

(2) 反差强烈 新闻纸印刷最大密度仅有 1.2 左右，纸张的高光绝网处带有纸张的底色，最深处也由于高速轮转印刷的关系而显得淡薄。操作时可用定标偏崩的方法予以适当弥补，白场处可放弃部分高光层次，兼顾纸张的底色色偏。黑场最深处各色版要做足，四色墨叠印后达到 300% 以上。有时可单独加深黑版在最深处的网点值，以此用足新闻纸阶调表现范围。

(3) 强调清晰度 高速印刷过程经常引起虚晕，造成细节损失。故在做锐化蒙版时要较为过度，人物稿要弱一些，风景和建筑物等强一些。

(4) 底色去除 运用底色去除可以减少彩色油墨量，便于轮转机的快速套印，利于稳定中性灰平衡，使版面显得干净明亮。在使用 Photoshop 分色时用 GCR 方式，油墨总量为 280%~300%，黑版用中等量，最大值取 80%，网点扩大为 30%。

(5) 由于各种原稿受时间、传输、设备诸因素影响，因此审美观对操作者而言很重要，最后制作结果如何，操作人员起到一定的作用。作为彩色图片，首先应使图片整体色彩不失真，颜色接近其真实效果。例如，对人物照片，人脸上的层次应丰富、细腻、柔和，肤色的四色值控制在 C 0~10%、M 10%~40%、Y 10%~40%、BK 绝网。对于风景照片，应保证色彩明快、层次清晰，天空中以青版为主，适当加些品红版，否则天空变得发暗，给人一

种压抑感。在总体部分掌握好后，设定好图片的黑白场，小范围的极高光处可以绝网。但大面积部分不能开天窗，暗调部分要保留部分层次。达到软片实地密度为4以上，灰雾度小于0.04；各级网点误差小于2%。阶调范围2%~90%。

(6) 照排机输出四色软片重复精度 $\leq 0.05\mu\text{m}$ （四开版），要求照排机精度1600dpi左右，最低不低于1200dpi。

九、黑白照片

1. 黑白照片的特点

黑白照片是摄影者运用了造型艺术和摄影原理拍摄而成的。高质量的黑白照片，应该是层次丰富、反差强烈，暗调黝黑深厚，中调丰富柔和，高调淡薄滋润，辉点洁白，生动、集中地反映各种景物的形象。

2. 黑白照片印版的制作要求

黑白照片的电分制版，可制成单色版、双色版和四色版。用于期刊插图多数用一个黑版，用于画册多数用黑、灰两个色版，用于画册彩图与黑白图并置，印刷则用四个色版。

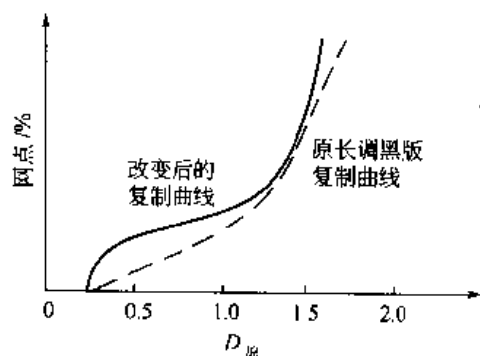


图 8-7 单色版

单色版制版，黑版采用长阶调复制曲线，暗调定标深至98%，局部焦黑可为实地，高光点应绝网。为加强中调和暗调墨量，提升暗调层次旋钮，使暗调曲线变陡以加强暗调反差，中调曲线拉直以适应单色制版的需要（中间调脱节的原稿则反之），如图8-7所示。印刷时，有一定的墨量也能符合总体要求。

双色制版利用黑灰进行双色印刷，其目的在于扩大再现密度区域。即指在高光调到暗调的可能范围内，最大限度地再现原稿中特有的调子。

通常方法是分解主版（黑版）和副版（灰版），分解时主版阶调应长。表8-1列出了两版定标。

表 8-1 黑版、灰版定标

色 版	白 场	黑 场
黑 版	2%~5%	98%~100%
灰 版	3%	85%

黑版白场定标移向次高光处，使高光点绝网，绝网区略扩大，灰色版高光点绝网则稍缩小予以匹配。暗调最深处可深至98%~100%，如暗调层次丰富，黑场定标可浅一些，黑版要在高调、淡调的衔接处多起一些衬托作用。灰版要在最暗处起加强黑度作用，使暗调不能并级，用以分清层次。淡调和高调也要有相应的色量。

灰色的墨色不能浅，但也不能深得近如黑，否则就会使画面缺乏滋润光泽的感觉，还容易暴露网点重叠后明显的不美观。墨色可以根据客户要求、照片影调的需要，改变灰色的色相（如黄色、蓝色等）。灰版实地密度应由通常的0.3~0.4改为0.9，复制品才能达到与原稿相媲美的质量效果。

还应指出，对于黑白照片的复制，黑版、灰版绝不能只有版面深浅和墨色浓淡的不同，而各版面上各阶调的不同分工，单纯地依靠两个角度重叠印刷，是不易得到良好的复制效果的。要强调黑版、灰版的不同分工，才能使原稿各级阶调比较完整地重现在印刷产品上。

四色制版采用非彩色结构原理印制黑白照片，是以黑版为主，用三原色版组合成灰调铺衬于黑墨之下，以补偿黑墨的不足的一种工艺。

在日常工作中，经常遇到在一个版面上多数是彩色图片，而其中带有一二张黑白照片。如果仅采用单色制版，由于目前黑墨质量差，印品色调单薄，与周围的彩色图片很不协调。如用黑、灰双色制版，影调效果会好些，但与彩色版一起印刷，四色印刷就不能一次完成。在这种情况下宜采用非彩色结构工艺印制黑白照片。它的优点是：

① 色调厚实、立体感强、层次丰富，逼真地再现了艺术品的特点，使印刷品亮部达到洁白，暗处浓黑，酷似一张黑白照片；

② 由于色调浑厚，与周围的彩色图片能协调一致。

四色版的设定方法如下。

① 黑版的阶调做长、做足。极高光绝网，需要层次的高光调，其网点为 1%~2%。需要层次暗调部分，网点做成 85%~90%，极黑处的网点为 95%~100%。

② 黄版、品红版的极高光绝网，高光调的网点为 1%~2%，暗调 45%，局部最深处为 50%。

③ 青版极高光绝网，高光调的网点为 2%~35%，暗调为 60%，局部最深处为 65%。三原色版在黑版 15%~30% 处，开始产生高光点 (Y2%、M2%、C3%)。暗调四色版的网点面积之和为 270%~280%，可以达到全黑的效果，如图 8-8 所示。

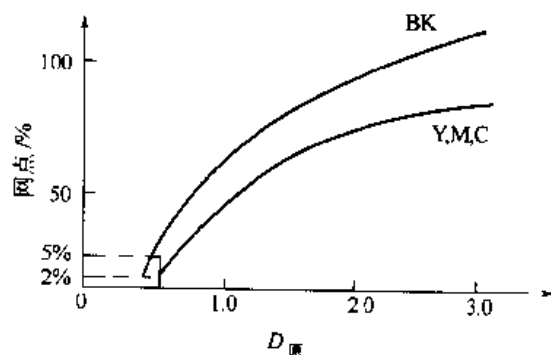


图 8-8 四色版层次曲线

以上是标准原稿的调定数据，如遇到密度反差过大或过小的原稿时，设定数据可作些变动。

十、印刷品复制

1. 印刷品原稿的特点

印刷品作为复制原稿，是一种最不好复制的原稿，它的主要缺点是：

① 图像有网纹，再复制易出龟纹；

② 颗粒显粗糙，油墨、纸张等颗粒及印稿脏迹、伤痕等极易扫描出来；

③ 轮廓较虚浑，印稿套印不准，边缘露色等，使图像不实。

印稿再复制的有利一面，是容易做到阶调、色彩的还原，主要原因是：

① 印刷品原稿的密度范围都在 0.1~1.8 之间，与再复制品的密度范围相一致，因此，电分定标可以较好地再现印稿的亮、中、暗调的层次；

② 印刷品原稿与再复制品的明度值可以达到一致，两者可以达到统一的视觉反差效果；

③ 印刷品原稿与再复制品都是用网点叠合呈色，其色彩的饱和度和墨色厚度基本一致，容易做到色彩的还原。

2. 印刷品原稿复制龟纹问题的解决

(1) 电分扫描

① 加大网线数。如印刷品原稿为 150 线，再复制改成 175 线。

② 改变扫描光孔。尽量使光孔大一些，以降低解像力。

③ 错开网目角度。把再复制扫描的网目角度与印刷品原稿的网目角度错开。

④ 改变网点形状。如印刷品原稿是方形点，可改用链形点。

⑤ 在不得已时，对焦可稍微对虚一些，对到刚刚看不清网点为止。

(2) 桌面系统 将按对图像质量损坏严重的顺序来依次讨论。在扫描印刷品时，应注意以下几个问题。

① 通过旋转来消除龟纹 首先可以采用一系列类似于调整加网角度的方法来消除龟纹。以某一角度扫描原稿然后把它正确地放置到 Photoshop 中，有时可以避免条纹图案的产生。这基本上应归功于 Photoshop 旋转像素时所引起的平均效果。

当需要旋转扫描所得到的图像时，选择图像 (Image)/旋转 (Rotate)/任意角度 (Arbitrary)，输入旋转角度就可以按要求进行，也可以选择自由旋转选定区域或剪切遮罩。旋转剪切遮罩时，按下 Option (Mac) 或 Alt (PC) 拖住遮罩一个顶点，就可以自由旋转图像。

下一个消除龟纹的核心技术是对图像柔化的量，关键是多大的柔化既能除去龟纹而又基本不损坏图像质量。

② 通过抬高的方法消除龟纹 在用平面扫描仪扫描图像时可以通过稍稍抬高图像和玻璃平台之间的距离，使之处于焦距之外。通常中档扫描仪的景深是有限的，大约为 1/4in (6.35mm)。当完成这种偏离焦距的扫描得到图像后，可以用一个柔和的蒙版使之变得更锐化。

③ 通过柔化的方法消除龟纹 虽然柔化的方法会使图像受到一些损失，但这仍然是一种最可靠的消除龟纹的方法，而且具有最大的灵活性。这里的灵活性是指用户输入的可能性。它的基本步骤如下：

- a. 以所需分辨率的 2 倍扫描图像，这通常是加网线数的 4 倍；
- b. 柔化图像；
- c. 分辨率减半；
- d. 当需要时可再次柔化，使用别的过滤器润色；
- e. 锐化，获得鲜明令人愉快的图像。

把需要的分辨率加倍的目的有两个：一是增加更多图像信息，减少各种过滤器对它的损害；二是当一半的像素被去掉时基于这些像素的龟纹将更难看到。

虽然以如此高的分辨率扫描，很费时间，但必须这样做。尽管如此，质量系数 1.5 对许多输出设备来说是可以接受的，这就意味着若在 150 线/in 设备上输出，像素分辨率达 225dpi 就可达到可接受的效果。在扫描图像中加倍达到 450dpi 和 300dpi 与加倍达 600dpi 相比在一个 4in×5in CMYK 扫描图像中，那就是 27.5MB 和 15.5MB 的差别。

通常使用两种过滤器来消除龟纹：去龟纹 (Despckle) 滤镜/噪声/去龟纹 (Filter/Noise/Despckle) 和高斯柔化 (Gaussian Blur) 滤镜/柔化/高斯柔化 (Filter/Blur/Gaussian Blur)。使用高斯柔化代替别的柔化过滤器原因有两个：一是在过滤器的窗口里高斯柔化后接一个省略，这种省略意味着有较多自由选择的参数；二是能得到更好的柔化。

高斯柔化能在 1/10 像素里工作，所选择的柔化强度由龟纹的强度而定。关键在于选择一个柔化图像的数值使之既能足够除去龟纹，同时又不至于引起细节的丢失，通常以接近 0.7 为佳，不要使用超过 1.8 像素的柔化值。

在柔化图像之前，应把所有通道快速检查一遍，以便找出龟纹存在的地方。通常，龟纹仅影响一两个通道，这些条纹所处的通道很容易检测出来，如果仅是柔化条纹存在的通道，图像的质量就不会下降太多。

对龟纹进行更深入一步的检测也是可以的,一旦发现条纹所处的通道,选中条纹和周围的区域,应该清楚这些条纹占据空间的阶调范围。因此下一步是选中确定的阶调范围,通过选择彩色范围命令,选中颜色,选择条纹,增大柔化值直至在该通道中选择的龟纹区域的像素值和邻近的像素值相等。选中高斯柔化或者选择 Dust 和 Scratches 过滤器,然后返回去,检查工作效果。如果选择隐藏边缘命令,不需要采用遮罩即可得到一个选区面积,这也是一个存储选区的好办法。对龟纹所存在的其它通道重复使用这些步骤。需要记住消除龟纹还要许多其它步骤来完成。为了获得一个高质量的图像,再多麻烦也是值得的。

选图像 (Image)/文件大小 (File Size),把分辨率减半。按说当去掉一半像素时,图像质量应该有所提高。如果龟纹仍存在,选择另一个更小量的柔化来消除。也可能发现一个由网点构成的环形玫瑰斑,若不至于引起视觉感觉,也不一定完全是坏的影响。可以使用去龟纹过滤器 (Filter/Noise/Despeckle) 来消除玫瑰斑,过滤器在图像中搜寻边缘,然后对除边缘外的所有像素给予轻微柔化。

3. 阶调定标

(1) 白场定标的要领 使层次曲线高光端的形状和走向趋于平滑,使高光调的颜色层次尽量平滑细腻些。白场定标的阶度要适当,除极高光和最白的部分绝网外,应以需要颜色层次的中性白或浅原色部分,品红版、青版的小细点不出现明显的跳点和较粗的颗粒状,较平滑为适度。黄版一般应辍于品红版、青版,由于黄色值较弱,出现较粗的颗粒状尚可。

另外图像主调在亮调,而且面积又大,为使白场定标定辍而又不出现明显的粗颗粒,采取降浅高光段层次曲线的方法,获得较好的平滑效果。

(2) 黑场定标的要领 根据图像暗调层次的重要与否,采取有意识地改变黑场定标密度,以较好地再现中、暗调层次。

① 当图像暗调有重要的深原色时,黑场定标密度值以深原色不出负数为准,局部最深处为 1%~3% (阴网),使深原色都保持层次。面暗部最黑处则用底色去除法,使之与深原色拉开距离 20% 左右。

② 若印刷品原稿图像暗调层次丰富,黑场定标密度值需加大,但会影响最深部分的网点值。为加深最暗部分的色量,可采用短阶调高反差的黑版来弥补。定标把黑版的阶调尽量缩短,舍去部分浅中调,重点拉开暗中调与暗调层次,色量最深处为 80% (阳网)。这样充分发挥黑版的作用,既增加了暗调层次,又增强了图片的明暗对比度。

4. 颜色校正要领

印刷品原稿再复制的颜色校正,应注重三个方面:强调色彩的还原性和饱和度;对一些印稿的偏色加以校正;对图片中的重要色作艺术性的调整,以突出主色调。

① 作校色调整时,校色量要小,因校色量过大,颗粒易粗糙。

② 校色点要选准。校色点应选准在印稿中最鲜亮、纯净的色彩上,以相反色校正到绝网为准。

③ 在使用校色数据时,重点掌握黄、品红、橙红三个暖色调的校色量,因为人眼对暖色调敏感,尤其是鲜明的橙红色,青版校色时对其特别灵敏,注意不要过校。校色方法应先调一次色,后调二次色。

④ 色彩的饱和度要校足,不管印稿的色彩饱和度足与否,都应按印象色和希望色加以调整。特别是对每幅图像中的重要色,要做到色彩鲜艳厚实,有逼真的质地感,给人一种强烈的色彩感染。

第二节 透射原稿分析

透射原稿有天然色正片、天然色负片和第二次原稿。

一、天然色正片

天然色正片又名彩色反转片，在目前制版稿中占有很大的比重，随着我国工业的蓬勃发展，今后将更多地被采用。

1. 天然色正片的特点

天然色正片有两种：一种是拍摄的反转片，它是二次曝光二次显影经漂白、定影而成的，四周边沿浓黑，是常用的复制原稿；另一种是用彩色负片放大而成的拷贝正片，四边边缘较透明，颗粒较粗，尤其黄分色阴片上反映更明显。天然色正片是彩色多层感光材料的一种，它的片基上涂有多层乳剂（上、中、下），每层感光层乳剂由卤化银、明胶色素和相应的彩色偶合剂所组成。彩色偶合剂是一种无色透明的有机化合物，它能使感光乳剂在曝光显影后，形成原感色的补色。它最上面一层感蓝色光，呈现黄色；中间一层感绿色光，呈现品红色；下面一层感红色光，呈现青色。为了避免蓝色光对中层和下层的乳剂起作用，所以在上层与下层之间涂一层黄滤色层。因而它经过二次曝光二次显影而成为与原物色彩相同的彩色照片。天然色正片结构如图 8-9 所示。

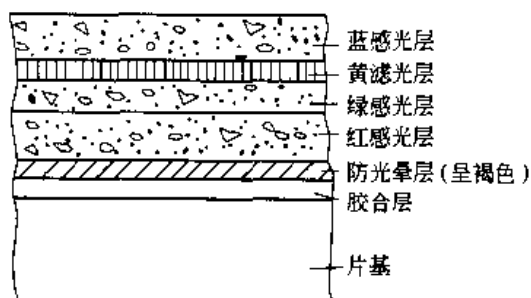


图 8-9 天然色正片结构

一种，它的片基上涂有多层乳剂（上、中、下），每层感光层乳剂由卤化银、明胶色素和相应的彩色偶合剂所组成。彩色偶合剂是一种无色透明的有机化合物，它能使感光乳剂在曝光显影后，形成原感色的补色。它最上面一层感蓝色光，呈现黄色；中间一层感绿色光，呈现品红色；下面一层感红色光，呈现青色。为了避免蓝色光对中层和下层的乳剂起作用，所以在上层与下层之间涂一层黄滤色层。因而它经过二次曝光二次显影而成为与原物色彩相同的彩色照片。天然色正片结构如图 8-9 所示。

天然色正片感光性能的反差系数大，宽容度比一般感光片小，所以反差特别强烈。同时，因为它是透射原稿，高调部分通光很强，暗调部位由于三层乳剂色素浓厚，通光量极少。因此最高反差可达 3.0 以上，正常为 2.0 左右。它所摄物体的透视感和质感极强，颜色鲜艳夺目，明暗层次丰富，颗粒细腻逼真。但也有因摄影时的曝光时间、色温偏差、冲洗处理不当等因素，使三原色乳剂还原不平衡，常常会出现偏紫、偏绿、偏茶以及色彩淡薄、过闷等现象。

天然色正片感光性能的反差系数大，宽容度比一般感光片小，所以反差特别强烈。同时，因为它是透射原稿，高调部分通光很强，暗调部位由于三层乳剂色素浓厚，通光量极少。因此最高反差可达 3.0 以上，正常为 2.0 左右。它所摄物体的透视感和质感极强，颜色鲜艳夺目，明暗层次丰富，颗粒细腻逼真。但也有因摄影时的曝光时间、色温偏差、冲洗处理不当等因素，使三原色乳剂还原不平衡，常常会出现偏紫、偏绿、偏茶以及色彩淡薄、过闷等现象。

天然色反转片拍摄时记录的影像是负像。如图 8-10 所示，直线 AB 为原景物，A 为高调部分，B 为暗调部分。拍摄后经首次黑白显影得的银粒负像为密度曲线 ab，存在肩部 a 和趾部 b，这两部分越短，直线部分越直，反转片质量越高。

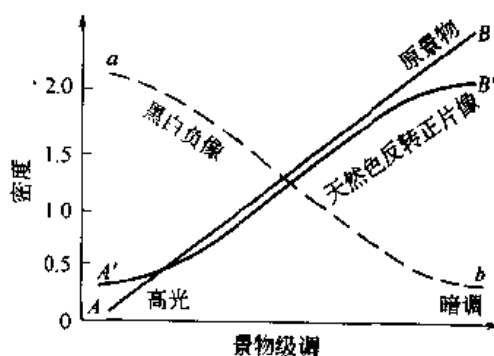


图 8-10 成像特性

由于首次显影的黑白负像存在肩部和趾部，因此剩下的未能显影的卤化银乳剂，再经二次曝光、彩显，漂白后得到彩色正像 A'B'，同样存在肩部和趾部，从图 8-10 可知，天然色反转片正像 A'B' 密度曲线和原物 AB 不一样，高调层次压缩变平，暗调层次并级，而且反转片质量越差，与原景物明暗差别也越大，或拍摄冲洗失误越大。

因此，在制版复制时，应注意调子的调整补偿。

2. 天然色正片印版的制作要求

根据天然色正片的特征,必须采用标准的三原色色相,以三原色为基础,黑版作精神轮廓的工艺来复制。要多用原色和间色,用好补色,用黑色作轮廓。这样才能使复制品像彩色照片似的色彩鲜艳浓厚,变化丰富,真实自然。

天然色正片原稿是目前电分制版最多的一种原稿,电分复制应根据天然色正片的特点抓住以下几个重点。

(1) 强化反差 制版工艺应根据天然色正片摄影原稿的特征,强化印品画面的反差效果。反差大,给人的视觉感受粗犷、刚劲、有力,能较好地反映摄影作品的特点。提高反差,能使印品增强光感,增强立体感,能提高摄影作品的艺术魅力。

要强化摄影印刷品的反差,应该做到:①画面该亮的地方一定要亮,该绝网的地方一定要绝网。可以大胆放弃高光调的一些不重要的颜色层次;②画面该暗的地方一定要暗,该深的地方一定要深。一张印品的画面一定要有最暗、最深、最重的地方,不然画面就会发飘。因此,暗调可以舍弃一些层次,深暗调就不需要层次。有了暗部,有了深度,才能烘托出高光调的明亮度。有了最暗和最亮的对比,才有强烈的光线感,因为光线是越对比越亮。有了光线感,才有可能有远近之分和透视感、空间感。

(2) 层次丰富 阶调层次再现是复制的重点。但是天然色正片原稿反差大,复制时由于受半色调网点及印刷密度的限制,必然要对原稿密度范围进行压缩,从而影响一部分阶调层次。因此,合理地压缩原稿密度范围,使之获得最佳的阶调层次再现,是天然色正片原稿复制的关键之一。这就要根据原稿主题和印刷条件,有选择地取舍,强调主要部分层次,压缩次要部分层次。

阶调层次再现的重点应放在高光到明亮的中间调,压缩和舍弃暗调(以暗调层次为主的原稿除外)。因为高光到明亮的中间调是原稿主题的重点所在,是层次、质感、色彩表现的中心,也是人们视觉最敏感的地方。为此,必然把这一部分层次、质感再现好。

(3) 色彩鲜艳 对天然色正片的色彩复制,一定要做到色彩鲜艳厚实,色调明快真实。如原稿色调正确,应忠于原稿色调复制。如原稿偏色,则应以真实景物色彩给予纠正和艺术加工。

要获得最佳的色彩再现,应掌握以下几个要点。

① 掌握每张原稿的基调 根据原稿的基调,对每块色版的深浅比例,在灰平衡的基础上,做轻重适宜的调整。如冷色调的雪景,青绿色调为主的风光摄影,青版宜深面不宜浅。如暖调为主,则黄、品红版宜深而不宜浅等。

② 运用好补色 以三原色为主的四色工艺,运用好补色十分重要。因为高、中调色彩的组合,没有或很少有黑版,其色彩的变化、层次的衬托和明暗关系,全靠补色来调节。用好补色的规律是:在灰平衡的基础上,取得最佳范围的校色数据。受光区域的基本色应尽量用原色、间色组成,重点把中间调的补色运用好。

③ 深度基本色要做足 深度基本色在保持层次的基础上尽量做足,最深一级应做100%的实地就不做95%,并与黑色与暗调混合色拉开距离,最好能拉开15%~20%。

④ 受光区域基本色要够 受光区域基本色由于受光量等级与色量的矛盾,各色版基本色都嫌不够。因此要做适量的腐蚀修正,保持足够的色量,使色彩鲜艳饱满,做到淡而不薄。

⑤ 掌握色的对比与和谐 色彩是相互依附、相互对照而存在的,操作时要掌握整个画

面的色彩，既要有对比，又要协调，使画面色彩和谐而不单调。

(4) 清晰度高 一张好的复制品，不但要层次丰富、色彩鲜艳，而且图像的清晰度要好，才能达到逼真的效果。取得良好清晰度要掌握以下要点。

① 电分机虚光蒙版功能 是利用光学效应来提高记录图像的清晰度。一是要根据原稿清晰度情况用得恰如其分，二是对光孔选用要配合好。

② 对焦要实 对焦点一定要以图中间最黑处的颗粒对实为准。

③ 光洁细腻 一幅优质的印刷品，要求画面光洁细腻，特别是妇女、儿童的脸部肤色及大面积蓝天云彩，清淡均匀的背影，都要干净整洁，要防止“粗糙”、不均匀等弊病。

二、天然色负片

1. 天然色负片特点

天然色负片的结构和天然色正片基本相似，仅是景物的彩色图像是通过银盐和彩色偶合剂与原来景物色彩互为补色被记录下来，得到彩色负像。用于制版、分色阳片的清晰度较彩色照片为高，阶调也较完整。

天然色负片的宽容度比正片大，反差比正片小，遇到反差过小时，需做蒙版增强其反差。负片所呈现的色彩，虽是实际景物的补色，但仍不易识别，大致可从下述几个部分认识：

- ① 负片中纯紫色系物体的纯黄色，紫蓝色系物体的黄橙色，紫红色系物体的黄绿色；
- ② 负片中纯绿色系物体的品红色，绿青色系物体的红橙色，绿黄色系物体的紫红色；
- ③ 负片中纯红色系物体的青色，橙色系物体的紫蓝色；
- ④ 负片中茶色，有偏红或偏黄的，这些色彩大部分偏向于消色系。

2. 天然色负片印版的制作

由于负片的种类不同，各种牌子的胶卷均有独特的色调特点。这种偏差在冲放过程中均能由专业的冲放设备及工艺方法予以纠正，而直接扫描负片较难还原正确的色空间。所以如以负片为原稿应特别注意色彩的真实性。通常的做法是：①先用滚筒扫描仪以较高分辨率扫描成 RGB 格式；②在 Photoshop 中做反相处理；③选取胶片底色为白场，完全曝光处为黑场，如此可以消除胶卷色差，然后对各个 RGB 颜色通道做适当调整。此时可参照 INFO 工具中的 CMYK 值，最后按照正常照片做分色处理。大多数负片经过这样的调整均能达到较为满意的结果。

三、第二次原稿

第二次原稿是将各类绘画翻拍成天然色正片作为制版原稿，也称间接原稿，是目前日见增多的原稿之一。第二次原稿之所以普遍使用的原因有两个：一是国画、油画等原稿，由于幅面过大，复制时装稿、布光不方便，以及有些珍贵画不许拿出珍藏单位，故只能先拍天然色正片，然后制版；二是桌面印前系统和电分机对天然色正片的制版较为有利，而原画面过大，扫描滚筒或平台无法装贴。

但目前翻拍的第二次原稿质量不佳，普遍存在以下问题，复制时应加注意，并在工艺上给予补偿。

① 翻拍的第二次原稿有偏色、过薄、过闷现象 翻拍的二次原稿因曝光、冲洗处理不当，则会出现偏色、过薄、过闷现象，有的甚至和原画面严重不符。翻拍各种画稿中尤其是翻拍国画缺点更多，宣纸偏色，清淡墨韵消失，焦、浓、重墨韵并级，图章虚糊，题字不煞等。为此要求在翻拍时，应在原稿旁放置色标和标尺。这样在复制时，可以据此判断第二次

原稿拍摄中的偏差,从而在分色时加以纠正。

② 翻拍的二次原稿明暗不协调 翻拍的二次原稿,高、低调向二端延伸,产生趾部和肩部,高调层次损失,低调层次并级,翻拍时二者不能兼顾。因此,要求翻拍时凡以高中调为主的原稿,宁损失暗调,保证高中调层次;以中暗调为主的原稿,放弃高调以保证中暗调层次。

③ 翻拍的布光不匀 长屏条大尺寸翻拍时大部分存在着布光不匀,两头深、中间淡的现象。电分定标困难,版面不易修正。因此,分色前应在二次原稿上修正均匀,再行复制。

二次原稿制版工艺和天然色正片工艺相同,这里不再重述。

四、人物肤色的处理

人物面部肤色的处理,对于制版印刷来说,无论采用哪种工艺,都认为是最难的问题,因为人们对面部肤色极为敏感。为取得真实、自然、神形兼备的人物摄影原稿的较好复制效果,一方面要做好工艺技术上的规范化、数据化操作,保证科学再现原稿;另一方面还要做好视觉效果上的创造性,要有意识地对原稿的色与调进行合理的艺术取舍,根据心理视觉色彩进行二度创作,进行必要的深加工,充分利用色彩感情、色彩语言再现各种人物肤色的特点,使印品的各种人物肤色能满足人们的心理要求和视觉效果。

1. 人物面部肤色复制要点

(1) 掌握面部肤色的基调 根据不同人物的性别、年龄、职业、民族、环境等特征来确定肤色的基本调子,使之真实。例如,幼儿的肤色,以白嫩红润色为基调,使其白里透红,各部位色彩变化要明显。青年女性则以白皙红润色为基调,色调要柔和丰润。海员与渔民的肤色则黝黑、皱纹显露,应以黑里透红的绛茶色为基调,色调要浓重,以统一的整体色调为主。

以原稿为基准,掌握好面部肤色的基调。基调正确的原稿要忠实记录三原色版色彩组合的深浅比例,以及层次、质感。基调不正确原稿,则一方面由电分机做整体调整,另一方面可由修版在原稿上做局部修正和艺术加工,使肤色基调符合人物特征。

(2) 掌握面部肤色的变化规律 面部肤色的成因,其科学性是由于人物面部的明暗、色彩变化,是由一定色调的光照所引起的。由于光源的色调和照射角度不同,形成面部各个面的明暗深浅及色彩的冷暖变化。直接对向光源的面是亮面,与光源相反方向是暗面,侧向光源的面称灰面,是中间色。此外,再包括亮面的高光和暗面的反光,即所谓“明暗五调子”,统称为三大面五调子。复制时应遵循面部五个明暗色调变化的规律。

① 高光色 应接近于光源色,一般呈中性的明亮色,为肤色加光源色。

② 固有色 皮肤自身最正常的颜色。

③ 中间色 位于明暗交界处光线渐渐移向暗部的中间部位,呈现色相一般为提高了的固有色加上减淡了的阴影色。

④ 阴影色 位于整个阴暗面,受环境色漫反射光的影响最大,色相偏冷,是肤色加环境色。

⑤ 反光色 位于阴影,受邻近物体的反射光影响,是肤色加邻近反射色。

上述五种调子的色彩明暗变化就是色彩表现面部主体感的基本规律,一切复杂的肤色都不违背这个规律。

(3) 掌握面部肤色各色版的部位和要求 面部肤色从整体上看是一个统一的肉色调,但细看又有极其丰富的色彩变化。黄、品红、青、黑既要相互组合,又要有各自的重要位置。

① 黄版 黄版是组成肤色的基础色版，对面部肤色变化起重要作用。人物肤色的变化与冷暖关系都要靠黄色的增强或减弱来表现。

黄是所有颜色中最明亮的颜色，与品红墨相叠是肤色的关键。其深、浅、平、崮对整个肤色影响极大。黄版与品红版、青版组合后，感觉非常敏锐。黄版偏深和偏浅，或在设色处理中不均匀，都会造成偏色或露色等弊病。

② 品红版 红色是面部肤色的重要色，是肤色的基础色，它既表达面部的轮廓层次和质感，又起色彩变化的作用。

品红版要求光洁细腻，滋润柔和，受光面浅调的颜色层次要饱满，中间调与浅调衔接处要柔和，暗调要沉着，品红版不宜过深。

品红版是面部的肌肉部分，要做得丰满，把红润的肉色表现出来。一般分五个深浅色调。

a. 嘴唇色 嘴唇是面部红色最深处，要求红润厚实，有立体感，且色彩变化丰富。

b. 面颊色 面颊色色调红润，色量仅次于嘴唇。一般红大于黄 10% 左右，具体应根据不同人物特征而定。

c. 颊部色 颊部色是面部的固有色部分，也是肤色的本色部位。黄版、品红版组合比例基本一致，青版稍多于前额和而颊。

d. 前额色 前额是略偏黄的浅肉色，因其突出，受光后比较明亮，所以不能平满。黄版稍深于红版 5% 左右。

e. 鼻梁、鼻尖等高光点，是面部的精神所在，要光洁明亮。高光处黄版要崮，品红版比黄版稍柔和一些。

③ 青版 青色是表现面部轮廓层次，衬托面部立体感，增加明暗关系和组合冷暖色彩变化的重要色版。从肤色总的色调来看是相反色，面部颜色部位的高低起伏、明暗对比，在很大程度上取决于青版与黄版、品红版的组合关系。作为三块主要版中惟一的冷色版，起到组织冷暖色调变化的作用，起到加强轮廓精神的作用。

处理青版应注意以下几点。

a. 青版在高光部位不要绝网，最好有一个极细点。

b. 肌肉部分，如肤色红色较暗，青版应减浅，使肉红色鲜明。

c. 逆光的面部肤色，青版的网点比例要衬得恰到好处，这是处理好肤色的关键之一。多衬青版，肤色灰暗；少衬青版，肤色火气；不衬青版，缺乏明暗关系和色彩变化。

④ 黑版 黑色对人物面部起轮廓精神作用，黑版是短阶调版，高、中调绝网。对黑版的处理应重视以下几点。

a. 黑版的阶调应根据原稿面部的轮廓和阴暗面的大小确定长短。若阶调太短，面部阴暗面色量不足；若阶调太长，肤色则灰暗。

b. 眼睛是面部传神之处，要修得活。眼珠黑，眼眉黑要修得有深浅区别，头发也应修得有深浅层次，从而增加人物的生动感、精神感。

2. 桌面系统

桌面系统要制作出优质的人物产品的前提如下。第一，以原稿为基础，做到对原稿的正确还原。即采用 A1 自动设定和人工设定相结合的方法，从原稿中获得最好的图像分色所需的全部信息，精确地把原稿连续调的彩色密度转换成网点分色片的最佳阶调范围和清晰度效果要正确再现原稿人物面部的光线明暗关系，色调冷暖变化和具有人物特征的肤

质感。这是制版的根本，也是工作的科学性所在。第二，对人像摄影原稿面部肤色的偏亮、偏暗和偏色等缺陷，按照人们的希望色进行调整，并处理好面部色彩的不同明暗变化，达到优于原稿和符合人们的印象色和艺术欣赏的要求。这是制版工作的艺术性所在。

(1) 范围设定和调整

① 设定要领 必须控制面部肤色由明亮部分到中间部分至暗调部分之间有连续变化的层次，不能使之生硬脱节，不能像风景静物一类原稿那样，把阶调反差尽量拉大。现在许多人像摄影印品的问题就在这里，亮面一片白亮，暗面一块红茶，相互脱节。因此，阶调设定范围不能大，对高光基础的网点值的设定，要考虑对亮调肤色的影响，稍设定大一些有利，为C6%、M4%、Y4%。对暗调基础黑的网点设定，要考虑与暗调肤色的关系有所压缩有利，为C93%、M83%、Y83%。最深部分的头发用加深黑版来补偿，为80%。

② A1 与人工结合设定 当前的高档扫描仪及其扫描软件都有人工智能技术。A1 原稿自动分析功能通过预扫描获取了原稿指定区域内的密度信号，并加以综合分析，然后参照设备中存储的各种设定模式的定量参数，自动分析原稿高光、暗调设定密度值和相应的层次调整曲线。操作人员可以根据人物面部肤色的密度大小情况再做些修改调整，以达到最佳的阶调反差和视觉明度效果。

(2) 按人像摄影原稿面部密度大小分成三类

① 曝光正常 密度反差标准的顺光相片、侧逆光片，其面部主体处在亮调、中调，它与明度之间成正比，处在最佳视觉明度范围内。一般通过 A1 自动设定，其高光、暗调设定密度值及相应的层次曲线和颜色校正，都能较好地再现原稿肤色的层次和色彩变化，不需做什么修改和调整。

② 曝光过度 密度反差小的高调相片，其面部主要部分偏亮偏薄、明度高，需做加深调整。一是在 A1 自动设定的高光、暗调密度值基础上，人工再做修改，减小设定密度值；二是用系统本身的层次曲线或用挂靠的 Photoshop 对比度曲线调整。执行图像 (Image)/调整 (Adjust)/曲线 (Curves) 指令，选择 CMYK 通道，将亮调至中调区域的曲线提升加深 5% 或需要的网点百分比值。四色版曲线同时提升加深，以降低明度，向标准明度靠拢，以达到较好的阶调反差和视觉明度效果。

③ 曝光不足 密度反差大的逆光相片，其面部主要部分偏暗偏深、明度低，需做减浅提高调整。一是在 A1 自动设定的高光、暗调密度值基础上，人工再增加些设定密度值，这需损失一些高光层次和压缩一些暗调层次；二是执行 Image/Adjust/Curves 指令，把中调至中暗调区域的曲线下拉，减浅 5% 或需要的网点值，以提高明度，向标准明度靠拢，以达到较好的阶调反差和视觉明度效果。

(3) 高光、暗调设定和调整的准则

① 高光设定准则 黄版设定要峭一些，即对比度要强一些，能表现出面部的层次。按照面部肤色变化及扫描分色的规律，黄对比度最强，青对比度最弱，品红的明度、对比度都在黄与青之间。实践证明，面部肤色的层次色彩变化主要是由黄色来表现。调整方法：一是用系统本身的层次曲线调整；二是用 Photoshop 的 Curves 曲线指令，选择 Y 通道，将高光的曲线下拉一些，拉开一些黄版的高光层次。

② 暗调设定准则 控制面部暗调肤色的黄版、品红版色量不能深。有些人像摄影原稿暗调面积较大，色密度高，又偏红紫色。通过自动设定后的黄版、品红版网点值达到 85%~90%，有的甚至 95%~100%，而桌面操作人员又不做调整和处理，致使

不少人像印品，甚至伟人像的面部暗调肤色呈一块块红茶色，还造成暗调部分与图像中的大红色物体并级，使印刷无所适从。因此，暗调设定和调整时要重视拉开两者之间的距离，应把黄版、品红版的暗调肤色网点值控制在80%以下，而把大红深原色调整到100%，调整方法如下。

a. 执行 Image/Adjust/Curves 指令，显示出曲线对话框，分别选择 Y、M 通道 (Channel)，将暗调区域曲线下拉，把黄版、品红版网点值调整至80%以下。

b. 执行色相/饱和度 (Hue/Saturation) 指令，调整大红基本色，分别选择黄版、品红版，拾取红色为选色调整对象，然后拖动饱和度调整滑块，把最深的大红色调整为100%。

通过上述调整，暗调肤色与大红色即拉开20%左右的距离，这样印刷时就可以给足墨量，使暗调肤色沉着不冒红，又使大红色饱和度高，达到两全其美的效果。

大部分人物图像的高光暗调比较明确，高光调是受光部分，暗调往往是头和背光部分的阴暗面。黑场数据在 C90%、M80%、Y80%、BK50%左右。亮调部分是光源色与皮肤色的组合，高光点往往在鼻梁、鼻尖处，它是面部的精神所在，要光洁明亮。高光处黄版要峻，品红版稍柔和，才能使高光亮出来。高光网点值要根据色彩的变化而定，冷色调高光处青版略深于黄版、品红版，如 C4%、M5%、Y2%~3%。灰色调则按灰平衡数值定标。暖色调的高光，青版放不放细点，应根据所用纸张等适性条件和高光面积的大小与主次而定。优质的铜版纸，高光色又很重要，应放细点，高光色就显得滋润而绚丽。如纸张条件差，则少放或不放，以免高光灰暗。

3. 面部肤色的中调设定和调整

面部肤色中调的设定和调整，首先要满足人眼的视觉习惯。一幅人像摄影相片，无论是顺光片还是逆光片，中调过浅，肤色偏亮偏薄，中调过深，肤色偏暗偏深，即使偏亮偏暗5%以上的网点值，也会给人不舒服的感觉。

桌面系统扫描，通过 A1 自动设定，主要是控制阶调的高光、暗调两点。虽然两点控制合适了，但由于原稿面部中调密度深浅变化较大，如不做控制或调整，那么输出网点分色片的中调肤色也就随着原稿面部中调密度大小而起伏。加上印刷时的中调网点增大较多，而使中调肤色变化加剧。现在许多印品的人物面部肤色，存在着不是太亮就是太暗，不是太黄就是太红等不协调、不真实的缺陷，就是因为没有控制好中调。中调的正确控制，应掌握三个关系，也是三个关键技术。

(1) 中调调整与复制倍率的关系 根据国内研究成果，当图片复制尺寸明显大于或小于原稿尺寸的时候，在制版过程中就需要对中调进行适当修正（见表8-2）。根据吉罗德 (Girrod) 的建议，复制倍率与中间调修正值的对应关系见表8-2。这对人像原稿的扫描分色是有参考价值的。

(2) 中调密度转换成网点值的对应关系 根据大多数印刷条件及网点增大规律，多数人像摄影原稿的侧逆光、逆光片的影调都偏暗，需要对中调做些减浅提高调整情况，确定一个常数值为0.80，中调控制点密度值的公式为：高光密度值+0.80=中调密度。中调密度值与网点值对应关系见表8-3。

(3) 中调控制与网点增大的关系 当对人物相片作自动设定预扫描后，确定面部中调控制的检测和调整点的规律如下。

① 把面部前额部位作为中调控制点，因为前额在面部突出，面积较大，呈黄肉色，色相稳定。

② 以品红版为基准, 将前额肤色处在 0.95、1.00、1.05、1.10、1.15 范围的密度值转换成网点百分比值控制在 50% 以下, 黄版、青版随品红版比例下降。因为一是 50% 以上的网点值在印刷时增大较多; 二是前额肤色比较明亮, 若品红版超过 50%, 就会偏红发闷, 不透亮; 三是前额肤色的配比规律是黄大于使之呈明亮的淡黄肉色。

表 8-2 中调调整与复制倍率

复制倍率/%	中调修正值/%	备 注
20	减少 15	缩小时中调易深, 应作减少调整
40	减少 10	
60	减少 5	
80	减少 3	
100	不变	放大时中调易浅, 应作增加调整
600	增加 5	
1000	增加 7	
1500	增加 9	
2000	增加 10	

表 8-3 中调密度值与网点值的对应关系

高光密度	常数密度	中调密度	网点值/%
0.15	0.80	0.95	50
0.20	0.80	1.00	51
0.25	0.80	1.05	52
0.30	0.80	1.10	52
0.35	0.80	1.15	52
0.40	0.80	1.20	53
0.45	0.80	1.25	53
0.50	0.80	1.30	54

实践证明, 上述中调的调整, 既可以补偿印刷时的中调网点增大, 又可以保证肤色明亮而真实, 有着非常重要的意义。

至于顺光片, 前额肤色密度都在 0.90 以下, A1 自动设定后, 转换成网点百分比值都在 40% 左右, 很是理想。逆光片, 前额肤色密度都在 1.30 以上, 转换成网点百分比值在 55% 以上。由于整体面部处在逆光, 三色版相应平衡, 所以也没有问题, 只是应稍做些整体减浅提亮调整。

中间调的确定受拍摄的光源影响, 对于正光原稿, 通常将面部前额作为中间调控制区。前额部分受光面积较大, 光线明亮, 再加上该部分肌肉较少, 因此呈现黄皮肤色, 这就要求品红版的数值低于黄版, 基本的数值是: 品红 40%~50%, 黄大于品红 7%~12.5%, 而青版的数值大致为品红的一半。对于老人, 黄、青的数值要大些, 而对小孩则相反; 对青年女性, 黄版的数值可略降低。中间调的这一数据组合不是一成不变的, 对于一些拍摄光源很强的人物稿, 中间调的数值均应降低些, 这样才能符合光强色淡的对应关系。

控制了黑白场及中间调以后,对人像的面颊、嘴唇、牙齿和眼睛等的色彩组成也应做到胸有成竹,面颊部分肌肉丰富,毛细血管多,因此肤色发红,通常情况是品红与黄持平,或者黄略大于品红 2% 左右。黄版的数据关系变化较大,对于儿童,品红可高于黄 10% 左右。

4. 电子分色

以人物为题材的画面,在彩色复制中,占有相当大的比例,而人物的思想境界以及人物面部的肤色、容貌、形态、性格等特征,又都是画面主体的重要组成部分。如何处理好肤色,特别是面部肤色是很关键的。肤色的处理也有规律可循,只要掌握肤色处理的基本复制规律,就能印制出高质量的以人物为主题的印刷品。

(1) 人物面部肤色的生理特征及其面部肤色的基调 成年人的皮肤面积平均约为 1600cm^2 ,表皮厚 $0.1\sim 0.3\text{mm}$ 左右,真皮厚大约是 $0.3\sim 2.4\text{mm}$ 。肤色含有多种色素,如

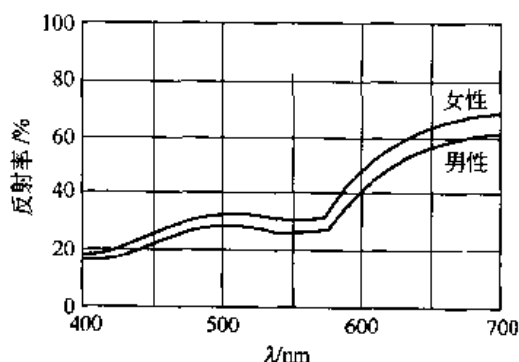


图 8-11 性别差异对肤色反射率的影响

血清蛋白质、黑色素、氧络血红蛋白等,它们的各自透光率不同。另外,肤色的分光反射率因人而异,不同性别、年龄、健康状况、种族以及季节的变化,都会引起肤色分光反射率的差异。对不同对象进行测定,求其平均值,发现人们脸部在 650nm 处最亮部的分光反射率约为 60%,在 430nm 处的最暗部约 20%。例如,图 8-11 中的上方曲线,是表示女性肤色的分光反射率,可以看出,女性肤色略趋明亮。图 8-12 表示年龄影响人物肤色的反映的曲线,女性 (W) 小于 30 岁,要比男性 (M)

小于 30 岁的反射率高;同一性别的,年龄大的要比年龄小的反射率低。因此复制时用色量也就不能相同。图 8-13 表示种族的不同面肤色发生变化的曲线,中间一条曲线代表了亚洲人的肤色反射率,不难看出,三条曲线的反射率虽有大小区别,但形状却大体相同,由此可知,虽然种族的肤色色度不同,但它们的主波长是相同的,所以在复制过程中都是以 590nm 处的橙色为基调。图 8-14 表示面部肤色的季节性变化状况。图 8-15 上方曲线表示面部最亮肤色的分光反射率,下方曲线是最暗肤色的分光反射率。在靠近 575nm 处弯曲段,是说明肤色中血清蛋白反应低的一个生理特征。

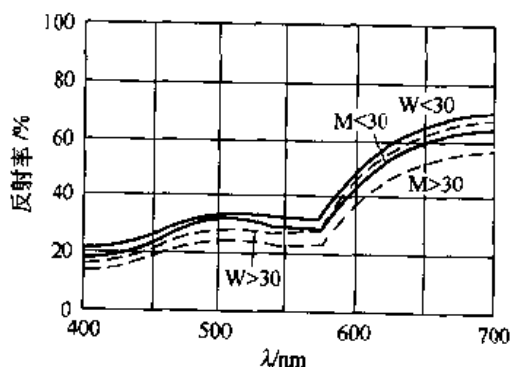


图 8-12 年龄差异对肤色反射率的影响

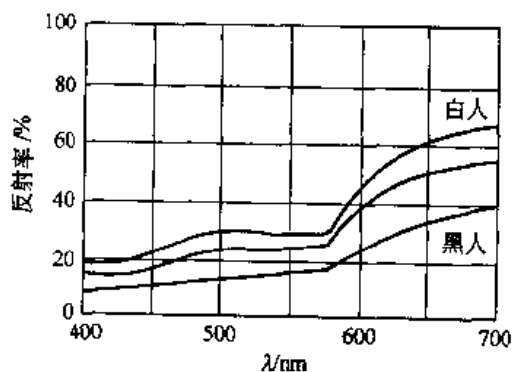


图 8-13 种族差异对肤色反射率的影响

根据上述分析,在复制中,对于人物面部肤色的处理就不能千篇一律,千人一面。应根据不同人物的性别、年龄、民族等特征,处理好各种人物肤色的基调。幼儿的肤色,以白嫩红润为基调,肤质娇嫩,饱满,而且特别光滑,明暗对比微弱。青年女性则以白皙红润的肉

色为基调，肤色要细嫩柔和而丰润。男性青年的肤色偏于暗红为基调，特别是经常日晒的劳动人民，肤色显得红润健康。因男性的肌肉丰满、健壮，肤色的明暗对比也比较强烈。老渔民的肤色则黝黑、皱纹显露，应以黑里透红偏茶色为基调，色彩应沉着厚实。只有把握住面部肤色的基调，掌握好三原色版色量的深浅比例和平崭关系，才能真实地再现各种人物的特征和性格。

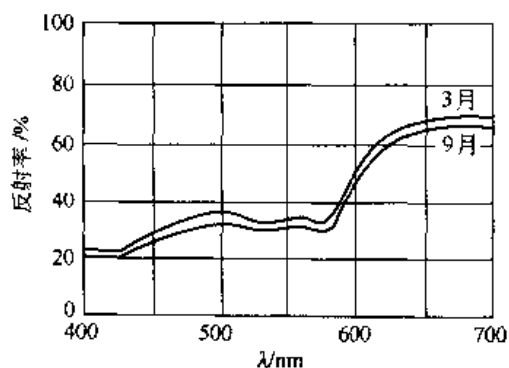


图 8-14 季节差异对肤色反射率的影响

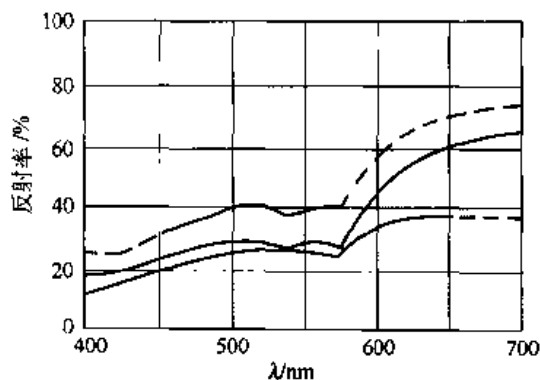


图 8-15 不同肤色的反射率

(2) 人物面部肤色的变化规律 人物面部肤色并非是单一的固有色，因受光线的照射不同而大体上分为五个不同的明暗色调。高光色位于面部极高调与高调部分，应接近于光源色；固有色位于面部次高调到中间调部分，一般呈现出肤色最正常的颜色；中间色处于面部明暗交界的中间部分，一般呈现出稍暗；阴影色位于整个阴暗面，受环境色漫反射光的影响最大，一般呈现出暗红色偏冷色调；反光色位于阴影，受邻近物体的反射光影响，一般呈现暗红偏茶色调。以上五种调子的色彩明暗变化，就是色彩表现面部立体感的基本规律。

面部各部位色彩有不同固有色，应掌握好三个色版用色比例，其配比规律如下。

高光色是肤色加光源色。由于受不同光照的影响，高光色是非常丰富的，有淡肉色、粉红色、淡黄色、带青味的淡紫色等，有的接近消色。鼻子是面部的中心，最易受光色影响。鼻梁、鼻尖的高光是面部的精神所在，要光洁明亮。高光处黄版要崭，红版稍柔和，才能使高光亮出来。高光网点值要根据色彩的变化而定，冷色调高光处青版略深于黄版、品红版，灰色调则按灰平衡数值定标。暖色调的高光，青版放不放细点，应根据所用纸张等适性条件和高光面积的大小与主次面定。优质的铜版纸，高光色又很重要，应放细点，高光色就显得滋润而绚丽。如纸张条件差，高光面积小，则少放或不放，以免高光灰暗。

前额受光较明亮，颜色呈肉色略偏黄，黄版稍深品红版。在暗面应以亮面的偏红肉色渐变至透黄的暖灰色，但只能在对比中略加显示，渐变中略透色，不可过分强调。

面颊色彩饱满红润，但随不同性别、不同特征的人，差别很大。少女、儿童的面颊红润、光洁、娇嫩；老年人要苍老，面颊就不宜红艳。黄版、品红版的比例配置是：幼儿黄为 20%，则品红为 40%；一般男性黄为 30%，则品红为 35%；一般情况品红大于黄 10% 左右。

颜面部分上下额是肤色的固有色，也是肤色的本色部位。黄版、品红版的组合比例基本一致，只是青版稍多于前额和面颊。

嘴唇是表达情感的重要部位。黑版可以不加或少加，青版一定要用好，要处理得既红润厚实，又有立体感，边缘要略虚，不能生硬、呆板。上嘴唇稍深，两侧深于中间，下唇反光较强，黄版要比品红版浅而崭。妇女儿童应红润些，男性嘴唇较厚重，反光较少。嘴唇色彩

变化丰富，色的深淡要视人物的年龄、性别不同，做不同的用色处理。牙齿为米黄色偏白，黄不能太过。

(3) 人物摄影的光线处理 人物摄影的原稿，都十分讲究用光，制版时要处理好光线美，首先要分清主光线方向，其次要明确人物面部三大面：受光面、中调面和暗调面。中调面的亮度不能超过或平于受光面；暗调面的亮度不能超过或平于中调面。如果面部阴暗的关系倒置或平了，那么即使肤色处理得很好，仍给人一种不舒服之感，所以不能单纯强调颜色的鲜艳而失去了人物面部明暗的关系。复制中应掌握好以下几点。

① 注意整体画面的光线效果，要有强烈的光线感。版子要崮，反差要拉得开。受光面的色量不能平满，暗调要深。

② 高光要亮，高光点要集中。画面高光部分光线感最强，高光调亮的面积要小，面积越小，光线越集中，高光才能亮出来。该绝网的极高光绝网，浅中调层次要丰富，才能烘托出高光的亮度。

③ 要突出主光线。有些原稿光线杂乱，分不清是正面光和逆光。需要在原稿上做局部修正，有意识地将主光线集中到画面的中心重点部分，而压缩四面散光，使视线集中，突出主题，增强艺术效果。

④ 处理好反光。注意人物面部在暗面转向反光时的交界线要明显，有些反光需要艺术加工。

(4) 各色版的定标要点 要把一幅人物原稿的肤色复制得较理想，符合人物特征，关键在于电分制版。电分定标时，要把真实肤色、原稿肤色和希望肤色三者有机地结合起来，才能取得良好的复制效果。通过研究可得出复制人物肤色时电分定标的四个要点。

① 黄版高光定标要崮于红版，要拉崮面部的颜色层次。

只有黄版高光定标崮于红版，才符合面部结构以及光影、色彩变化的科学规律，才能表现出面部丰富的色彩变化和各种微妙的泛色，才能表现出面部高光的明亮及清晰的层次和逼真的质感。

黄版高光定标崮的标准如下。

a. 高光的中性白部分，为鼻尖、鼻梁中间的高光处，黄崮于红的比例，一般为2%~3%，若红为5%，则黄为2%~3%。

b. 最佳的崮度应掌握在把面部中间调有颜色层次变化的受光处提崮出来，例如前额的中间亮点和两个眉弓骨处，这是前额部位的三个高光点，把黄版作适度的提崮，额部的颜色层次变化就能得到充分的表现。

黄版定标的色量要准确，应根据原稿肤色密度、人物特征、印刷适性等条件，给定准确的网点面积。

② 面部中间调的网点面积，应控制在50%以下。

现在多数电分定标，只控制黑、白场两点，这种定标方法对控制人物原稿还不够精确。因为，即使这两点控制合适了，中调的颜色层次仍起伏较大。由于一些侧逆光、逆光彩色片原稿的面部肤色都处在中间调，这恰是印刷时网点变化最大的关键区域。采用移动中点定标密度值来调整、控制人物面部的调于其方法如下。

a. 把面部前额部位作为中调控制点。

b. 以红版的网点面积为基准。

c. 把彩色反转片的前额部位，其密度在1.10~1.20范围，转换为网点面积在50%以

下。因为这个密度范围转换成的网点面积都处在 50% 左右，其能上能下对肤色的影响极大。如果前额部位的红版网点面积超过 50%，则一方面会造成面部发闷，另一方面会影响印刷给足墨量。

以上是对侧逆光原稿而言，至于顺光片和逆光片原稿都问题不大。因为顺光片一般前额密度在 0.9 左右，1.0 以下，按标准层次曲线、标准黑白场定标，红版网点值都在 40%~45% 以内，是理想的；而逆光片，一般前额密度值都在 1.3~1.4 以上，属于中调偏暗，按标准层次曲线，标准定标或采用减浅（提亮）定标，红版的网点值也都在 50%~55% 以上，由于整体上肤色的各色版网点值比例都深，所以也不成问题。

③ 面部暗调面积大的肤色，黄版、红版的网点应控制在 80% 以下，75% 左右，并与深颜色拉开 15%~20% 的距离。

有些侧逆光、逆光的人物影像，其面部的暗调面积较大，色密度较高，色相又都偏黄茶色或红茶色。电分按标准定标时，黄版、红版的网点值都超过 80%，甚至达到 90%，与深原色的网点值相接近。由于这个区域的网点在印刷时的色调值变化较大，即使按标准给墨量印刷，印出的肤色暗调偏红，显得“火气”，并与深原色并级，印刷时很难兼顾肤色与深原色。印刷若顾及肤色，给墨量小，肤色可以，但深原色不饱和；若顾及深原色，给墨量足，则暗调肤色冒红。采用第三定律，能取得良好的复制效果，且印刷适性好。

如果遇到某些原稿本身就存在着分不开档次的缺陷，电分定标时应以暗调肤色为基准，把红版网点值控制在 75% 左右。深原色受影响而色量不足时，一是由修版人员做一张深原色蒙片或由电分机扫描一张无网蒙片，在拷贝阳图时作分层曝光用，加深原色，使之拉开与暗调肤色的距离；二是在有这种功能的电分机上做局部加深处理，拉开两者距离。这样的分色版既能为印刷提供理想的印版，又能使暗调肤色适度，达到两全其美的效果。

④ 前额部位的肤色，红版网点应浅于黄版。

根据面部结构及其色光变化规律，该部位的肤色必定是稍偏黄，呈黄肉色。红版一定要浅于黄版，一般规律是红版浅于黄版 5%~10%，确切数据要根据不同人物肤色的特征而定。例如白净娇嫩的儿童，则黄、红的比例可以接近些，原则是红版不能深于黄版。如果黄与红的网点值一致或红深于黄，则前额就显得平满，给人以发闷和不透亮的感觉。

定标时如遇到有些原稿的面部肤色偏红，前额部位的肤色黄、红显示值一致时，就可以前额为控制点，把红版的网点值调整到浅于黄版。这样，既校正了肤色的偏红，又可使前额亮出来。如果有些原稿的前额肤色属于局部偏红，则由修版者做局部的修浅，这样可使前额肤色明亮而真实。

人物摄影原稿，尤其是近景拍摄的半身画面，是复制中问题最多、处理起来最难的一种原稿。但其中也有许多规律可循，只要掌握了这些规律，就能把人物肤色原稿复制得真实、自然、生动，并能使印刷产品质量创优。

(5) 各色版分工的规律 各色版在面部肤色的色量组合上，虽因男女老幼等不同之分，但各色版仍有一定的分工规律。

黄版在色值上是属于弱色，但在肤色组合中却很敏感，对于表达人物肤色的光线感和色彩的明暗、冷暖的变化起着很大的作用。黄版处理不当，或用色过量以及不足时，就会发生串色或偏色。在面颊、嘴唇及嘴角，黄版应低于品红版，在前额，黄版应高于品红版。头发、眉毛、眼珠，阶调要平，而发缕深处、眼珠仍可乌黑，鼻孔及阴影阶调也应柔和。

品红版是肤色的重点版，是表达肌肉部分和肤色高、中、低色调衔接的关键。版面应光

洁、均匀、滋润、淡层次饱满，各阶调要衔接自然，暗调不应过深，防止串色。红版应与黄版协调配合恰当才能表达人物的特征。头发、眼、眉阶调略平，嘴唇、嘴角形状既要分清又不宜硬化，脸部各受光处及辉点要处理自然。网屏角度选用 45° ，避免与黄版 90° 相交后形成不美观的波纹。

青版起到表现面部轮廓层次、明暗关系和衬托面部的立体感的作用，同时也表现面部受光不同而产生的颜色变化。要处理好青版层次和色量比例，是肤色真实的基础。其调子应稍长，色量分布较满，但要尖网。头发、眉、眼等黑色处应深于黄版、品红版，更要强调眼珠的精神。暗调色以青版作为三原色平衡的基础，防止跳色和漏色现象发生。

总之，只要掌握肤色处理的基本规律，人物面部肤色处理既要还原于真实，又高于真实，使整个肤色在统一中有变化，变化中有统一，生动地刻画出人物的精神面貌，以获得完美的艺术复制效果。

第九章 印刷工艺原理

第一节 凸版印刷

一、凸版印刷工艺原理

凡是印版的图文部分高于空白部分（高低悬殊），且处于同一平面或同一半径的弧面上，并在图文部分涂布油墨，通过压力的作用，使图文印迹转移到承印物表面的印刷方法称为凸版印刷，一般为直接印刷。凸版印刷的印刷原理如图 9-1 所示。

墨辊首先滚过印版表面，使油墨黏附在凸起的图文部分，然后承印物和印版上的油墨相接触，在压力的作用下，图文部分的油墨便转移到承印物表面。

凸版印刷是历史最为悠久的一种印刷方法。距今 1300 多年前，我国发明的雕版印刷术就是应用凸版进行印刷。保留至今的木刻水印继承发展了我国古老的短版技术，采用人工雕刻木质凸版，用水性颜料在宣纸上进行套印，复制连续调的水墨画和彩墨画，能绝妙地保持国画原作的笔调、气韵和风格，达到乱真的效果，故闻名于世界。

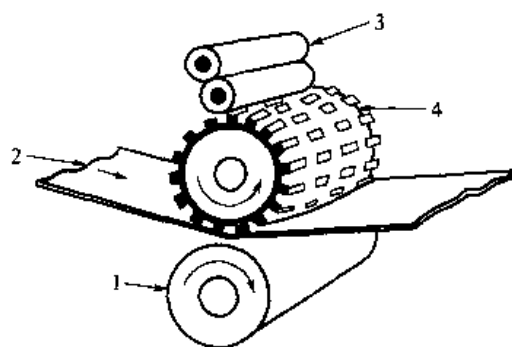


图 9-1 凸版印刷的印刷原理

1—压力滚筒，2—纸，3—墨辊，4—印版滚筒

由于金属凸版存在制版工序复杂、版材笨重、高温操作及铅毒、铬金属公害等缺点，因而在一些工业发达的国家，用量逐年减少，代之以平印的 PS 版和感光性树脂的凸版。

从世界范围看，感光树脂凸版具有发展前景。因为目前凸版印刷比重仍然很大，由铅版向感光树脂版过渡较为方便、投资也少，直接过渡到平印 PS 版则有较多困难，例如存在纸张问题、铝版基问题、印刷机更新问题等。有些印刷品用凸印效果更好，而有些印刷必须用凸版进行，例如烫金压凸和薄膜印刷等。根据我国目前状况，今后会在一定时期内大力发展胶印，但从实际出发，既不可能在短期内将凸印完全改为胶印，也不可能把凸版完全改为感光树脂凸版，而是要根据工厂情况而定。

二、凸印版

随着铅版工艺的淘汰，现在铜锌版仅保留于印后烫金版的加工，感光树脂凸版以其强大生命力取代金属凸版工艺。

1. 铜锌版

(1) 版材选用 铜锌版是指以铜版或锌版为材料，用腐蚀或雕刻方法制成的凸版。质量要求较低的印件大都采用 1.0~2.0mm 厚的锌板制版；印数大、质量精细的印件则采用 0.8~1.5mm 厚的铜板制版。镁合金板由镁、铝、锌三种金属制成，可用以代替价格高、来源不足的铜板，但我国使用较少。

(2) 晒制方法 照相晒制凸印版的方法是将阴图底片转晒到涂有感光胶的铜板或锌板

上，经腐蚀形成图文。金属凸版的晒制过程如图 9-2 所示。

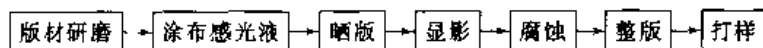


图 9-2 金属凸版的晒制过程

① 版基研磨 其目的是用物理或化学的方法，清除铜、锌板面上的氧化层和油污，以提高其吸附性能。用水磨砂纸在锌板正面擦拭数次，用水冲净；制网线锌版时，还需在流水下用木炭研磨锌板的正面；制网线铜版，需在流水下用木炭研磨铜板。

② 涂布感光液 在金属版基上均匀涂布感光液，并加热干燥，形成感光层。

感光液由感光剂与胶体组成，一般由重铬酸铵与明胶（或聚乙烯醇）构成。若是制作锌版，可用冷珐琅感光液，即由重铬酸铵与虫胶构成的感光液。使用不含铬化合物的感光液是目前的发展趋势。由于重铬酸铵是强氧化剂，即使在暗处也能与成膜剂发生氧化作用。因此，感光液一般不能作为商品预制和贮存，应在使用前进行配制，并利用低温、低湿环境抑制其暗反应。

经涂布后应进行加热干燥。加热温度以控制在 70°C 左右为宜，并将其置于避光、阴凉、通风处准备转入下一工序。感光液胶膜可在特定光照下硬化变成不溶于水的物质。

③ 晒版 晒版也称曝光。光通过阴图片照射在金属感光版的感光层上，使其发生化学反应，以获得图文潜像的过程称为晒版。其目的是在金属板上得到与底片相反的图文，并使图文表面具有抗蚀性，以便在烂版时图文部分不被腐蚀。

晒版使用的光源一般采用蓝紫光光源，光源的波长为 360nm 左右。

线条凸版如采用阴图片晒版，则要求图文是正向的。正向阴图片可采用感光软片或湿版来拍摄。用感光软片拍摄画线原稿的阴图片，可使用正色片。拍摄时在照相镜头的前面加装一个 60° 的全反射三棱镜，影像未投入镜头前先进行一次翻转，从而在感光片上得到正向图文的阴图片。如果不加三棱镜拍摄，必须在晒版前将湿版拍摄的阴片黑化再浇涂橡皮液和翻底罗甸，待干燥后浸入水中 $15\sim 30\text{min}$ ，揭下皮膜翻转后，贴在另一种玻璃板上，并按规定位置逐一拼合，使其成为正向阴图片。正向阴图片经修正后，将其覆盖在涂有感光膜的版面上进行晒版。

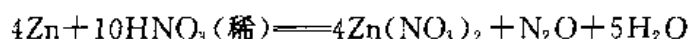
通过晒版使金属版上与阴图片透明图文相对应的感光膜硬化，形成不溶于水的物质，以构成印版的图文，而金属版上与阴图片相对应的非图文部分，因没有光线通过，胶膜未发生硬化反应而溶于水。

④ 显影 显影是用水把印版上经晒版形成的潜像清洗显现出来的过程。经显影后，为便于检查版面图文质量，应进行染色处理。染色处理液一般采用 3% 甲基紫溶液。为使胶膜收敛脱水，可将印版置于 $4\sim 5^{\circ}\text{Bé}$ 铬酐坚膜剂中进行坚膜。

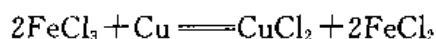
⑤ 烤版 经显影、染色后的印版图文胶膜因抗蚀性较弱，不足以保护图文下面的版材，为提高胶膜的抗蚀性，特将印版置于 $180\sim 200^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中恒温 $10\sim 20\text{min}$ 进行烘版处理，使硬化的胶膜珐琅化。

⑥ 腐蚀 腐蚀俗称烂版，属于化学加工方法。使用酸性腐蚀液将版面上空白部分的金属层腐蚀下凹，形成凸版版面。由于印版图文部分有抗蚀膜，因此，腐蚀液只能对空白部分进行溶解。根据所用版材不同可选用不同的腐蚀液。将版面空白部位酸蚀下凹，达到凸印要求。

锌版采用稀硝酸溶液腐蚀，其化学反应式为



铜版采用三氯化铁溶液腐蚀，其化学反应式为



网线凸版一般采用铜版或锌版版材，晒版时使用加网阴图片。铜版用来制作细网目凸版，锌版用来制作粗网目凸版，制版工艺过程中，除晒版时使用加网阴图片外，其它工序基本上与线条凸版相同。为了完美地表现原稿层次，需经二次腐蚀，从而得到所要求的腐蚀深度。

网线凸版是用来印刷具有浓淡层次原稿的印版，用网点面积的覆盖率表现图像原稿的层次。如一成网点，网点面积的覆盖率为10%。网点面积的覆盖率越小，网点之间的空间就越大，如画面上的高光部位（明调），印出的墨色就淡；而网点面积的覆盖率越大，网点之间的空隙就越少，如画面上的暗调部位，印出的墨色就越深。网点的种类及应用示例列于表9-1。

表 9-1 阶调（网点）的种类及应用示例

阶调名称	网点面积覆盖率/%	应用示例
明调	0.5~30	天空、人物颧骨、嘴唇部位
暗调	70~90	人物头发、眼球等部位
中间调	40~60	明调到暗调的过渡部位
实地	100	没有网点存在

把彩色原稿分解成由青、品红、黄、黑四张分色软片制成四色凸版，又称彩色凸版。其制版工艺过程几乎与网线凸版大致相同。首先将原稿分色，由分色阴图片制作连续调阳图片。再由接触网屏制作加网阴图片。为了防止龟纹的产生，各色版加网时应采用不同的网线角度。

网线凸版和彩色凸版印版的加网线数一般为50~120线/cm。

⑦ 整版 腐蚀后进一步对铜锌版进行加工制成金属凸版的工艺过程。整版主要包括钻版、铜版、锯版、整版等工艺过程。

⑧ 打样 经整版后的印版在打样机上进行打样。打出的样张按原稿进行校对。

2. 感光性树脂凸版

感光性树脂凸版是以感光性树脂为材料，通过曝光、冲洗而制成的光聚合型凸版。制作时，一般是在支持体上涂布0.3~0.8mm左右的感光树脂层，用负片与涂层密合进行曝光。由于采用了光聚型感光树脂，曝光后其感光部分和未感光部分对溶剂的溶解度产生差别，将未曝光部位的未聚合感光涂层用溶剂除去即可制成凸版图像。

版材由感光性树脂层（液状或片状）、黏着剂（兼有防止光晕作用）及版基（支承体）所组成。制版时，使用阴图片使曝光部产生光硬化作用，用显影液（水、碱水溶液、有机溶

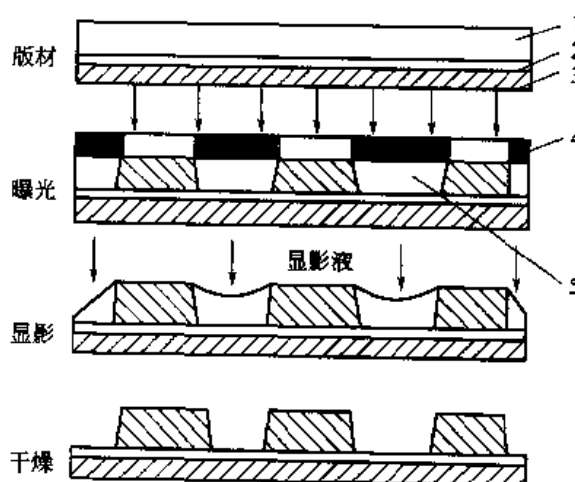


图 9-3 感光性树脂版的制作过程

1—感光性树脂层；2—黏着层；3—版基；
4—阴图片；5—未曝光部

剂)将未曝光部(空白部)溶解,经热风干燥后即制成感光性树脂版,如图9-3所示。

用感光性树脂版进行网线版印刷,其网线数可达60线/cm左右。由于版材的改良以及制版、印刷技术的不断进步,可实现80线/cm印刷。

感光性树脂凸版除作一般凸版印刷外,还可以作为柔性版印刷用印版使用。

3. 电子雕刻凸版

(1) 雕刻原理 电子雕刻机采用点光源对原稿进行扫描,利用滤色镜和光电管的作用,使原稿反射或透射出的不同光量,经电子计算机计算,修正后变为逐点逐线的强弱不同的电信号,然后经过调制放大,带动刻版机机头上的雕刻刀,在金属板(铜、锌、镁)或树脂版上进行雕刻而制成线条或网点凸版。其工作原理如图9-4所示。

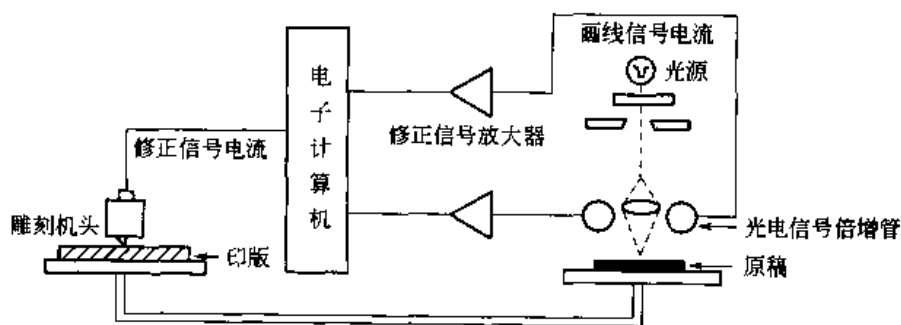


图 9-4 电子雕刻机工作原理示意

(2) 雕刻工艺 雕刻前要对机器进行调整并进行试刻,检查雕刻出网点的大小和形状是否合乎要求。为了防止雕刻时刻刀伤及版面,往往在版材表面涂布一层薄腊。试刻后,便可把准备好的版材装在刻版台上,对原稿开始雕刻作业。雕刻的速度决定于网屏的线数。网线愈细,则雕刻速度越低。雕刻刀工作时,不可用手触碰机器,以防震动和影响雕刻质量。

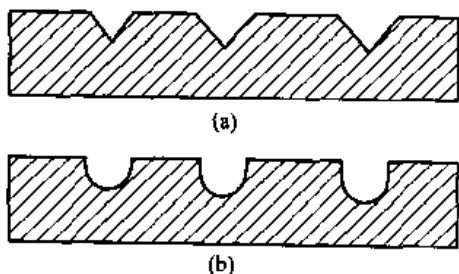


图 9-5 电子雕刻版的补蚀

雕刻电子凸版,有时会因刻刀磨损,造成印版的断面变形,如图9-5(a)所示,印刷时容易积墨。所以,必须进行“补蚀”处理,使印版的版面成为图9-5(b)所示的形状。补蚀后除去雕刻时留下的残屑,即可上机印刷。

由于雕刻凸版生产效率较低,彩色与单色图片现在多采用平版印刷制作,因此网点雕刻凸版已被逐步淘汰,但在烫印和压凸工艺中仍在继续使用。

三、凸版印刷工艺

1. 凸版印刷工艺

凸版印刷的工艺过程可分为四大部分,即印刷准备、装版、印刷、质量检查。

(1) 印刷准备 包括印件特点分析,领取油墨、纸张,进行印刷机的一般调节以及印版的检查、印版位置的固定等。

(2) 装版 把印版按设计要求,用双面胶带粘贴固定在正确位置上的操作过程。用纸张等材料在印版或版托背面垫厚或刮薄,在压印平版或压印滚筒上进行垫贴或控去,使之满足印刷压力的要求。

(3) 印刷 压印滚筒对纸张和印版施加压力,使印版上的油墨转移到纸张的表面,这一

过程称为印刷。

印刷前,堆放好待印的纸张,仔细检查版样、开印样,注意避免文字差错,核对规格尺寸,校正墨色,一切准备就绪后即可印刷。

在印刷操作的过程中,要密切注意印版、胶辊、油墨、纸张以及机器的各种变化,防止传纸不准、印刷品擦伤、印件背面蹭脏等印刷故障的发生,并注意环境温、湿度的变化,随时采取相应措施,以保证印刷质量。

(4) 质量检查 凸版印刷质量包括内容质量和技術质量两个方面。内容质量是指印刷的内容完整无缺,文字、图画不能变形变义。技术质量指规格正确、版面墨色均匀、压力均匀、压印平伏、字面整洁等。

2. 凸版印刷品的质量要求

凸版印刷品质量要求及检验方法见(CY/T4—91)。凸版印刷品的质量应达到以下几点要求。

(1) 尺寸要求 精细产品开本尺寸的允许误差为0.5mm,一般产品为1.0mm。

(2) 压力、墨色 印刷幅面的压力、墨色均匀。文字印迹、精细产品清楚完整,一般产品无明显缺笔断划。

(3) 印刷书页幅面均匀度要求 精细产品的幅面均匀度应大于15/16,一般产品的幅面均匀度大于14/16。

(4) 套印 印刷书页中,各版面正、反套印准确,其套印误差精细产品小于1.5mm,一般产品小于2.5mm。

(5) 外观 精细产品印刷书页整洁,无糊版、钉迹、脏痕,无缺笔断划。一般产品印刷书页整洁,无明显糊版、钉迹、脏痕,无明显缺笔断划。

3. 凸版印刷常见故障及排除

凸版印刷中,经常发生的故障有背面蹭脏、透印、飞墨、静电等。

(1) 背面蹭脏 印在承印物上的油墨,粘在另一印张的背面,造成蹭脏。防止措施一般是在印刷机的收纸部分安装喷粉装置,使细微颗粒的碳酸钙分散在印张之间。另外,加速油墨的干燥,减少印张垛码的高度,在印张之间放入吸墨性良好的纸张等对蹭脏现象均有抑制作用。

(2) 油墨的透印 油墨的透印是指在印张的背面能看见正面印迹的现象。防止油墨的透印,可以选择紧度大的纸张印刷,也可以增大油墨的黏度,适当降低印刷压力。

(3) 飞墨 油墨的细小微滴分散在空气之中的现象称“飞墨”,是高速轮转凸版印刷机最常见的故障。为减缓“飞墨”现象,可以增加印刷车间的湿度,使用具有导电性的油墨如水性油墨。

(4) 静电 印刷过程中,纸张不易分离,收纸台上纸收不整齐或输纸台上纸张歪斜而套印不准等,都有可能是静电引起的。消除印刷静电的方法,一般是在印刷机上安装静电消除器,使印刷机周围的空气离子化,从而将纸张上的正、负电中和,也可以在印刷机的周围或压印滚筒的后上方喷洒适量的水雾来消除纸张上的静电。增大印刷车间的湿度也有利于静电的消除。

4. 凸版印刷特点

凸版印刷是用凸版施印的一种印刷方式。就目前而言,凸版印刷是印刷领域中主要印刷方式之一,凸版印刷具有如下特点:

① 凸版印刷墨层厚实，色彩鲜艳，图文鲜明，容易产生线条边缘效应，印刷质量较好；

② 凸版制版方便，印版耐印率较高，印刷机操作简单，设备投资较少，适合于小批量、多品种的包装装潢印刷；

③ 对承印材料的适应性较强，可对不同材料、不同质量、不同厚度、不同规格的承印材料进行印刷；

④ 采用凸版图版印刷，可将凹凸压印、电化铝烫印以及模切、压痕等工艺紧密结合，从而得到浮凸、闪光、造型各异的印刷效果，以适应商品包装的特殊需要。

当前，凸版印刷在我国印刷领域中仍得到广泛应用。

第二节 平版印刷

平版印刷不同于凸版印刷，其印版上的图文部分和非图文部分几乎处于同一平面上。平版印刷因其印版材料的不同，一般分为石版印刷、玻璃版印刷和金属版印刷三种。石版印刷因其版材笨重、印刷效率低、质量差，已被淘汰。玻璃版印刷主要用于复制精细的绘画、手迹之类的艺术品，因而也很少应用。现在日常所说的平版印刷，实际上是指采用金属印版材料，图文经胶皮转移到承印物上的平版印刷，即胶印，属于间接印刷方法。

一、平版印刷的基本原理

顾名思义，平版印刷就是印版的图文和空白部分几乎处于同一平面上（只有 $5\sim 8\mu\text{m}$ 之差别）。利用油、水互不相溶的原理，使印刷的图文部分亲油拒水，非图文部分亲水而拒墨，经过橡皮布转印，在承印物上留下色彩柔和、层次丰富的印迹。因其制版及印刷有其独特的个性，同时操作亦极为简单，且成本低廉，故在现代印刷业中占有非常重要的地位。

平版胶印自 1904 年由美国的鲁贝尔（Rubil）发明以来一直得到迅速发展。在工业发达国家，报纸印刷已有 50% 以上采用平版胶印，书刊胶印也占很大比例，特别是在商业印刷、包装印刷方面。自 20 世纪 70 年代开始，胶印一直是以年增长率 16% 的速度发展。

印版上的图文部分和空白部分，在对水和油的亲疏关系上必须具备截然不同的性质。因此，胶印印版的版材必须具备一定的润湿性能。

常用金属材料的亲油性如下

$$\text{Cu} > \text{Fe} > \text{Zn} > \text{Al} > \text{Ni} > \text{Cr}$$

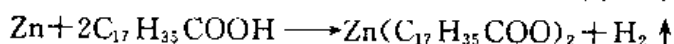
从中可以看出，铜的亲水性最差，而亲油性最好；铬的亲水性最好，而亲油性最差。既有高度的亲水性，又有高度的亲油性的金属无法找到。要使同一块版材上，既有亲油性能良好的图文部分，又有亲水性能良好的空白部分，只能改变金属版材表面的性质。金属铝和锌的亲水性和亲油性都是中等程度，润湿性能容易改变，因此要选择铝板或锌板做版材。下面详细讨论由铝板或锌板做版材制成的印版所具有的亲水和亲油性。

平版胶印是利用油水相斥原理，在同一平面印版上构成图文及空白部分，对印版既供墨又供水，版面图文部分有选择地吸油拒水，而空白部分吸水拒油来进行印刷的。由于在印版和纸张之间增加了一个包着橡皮布的中间滚筒，间接地将印版图文表面的印迹印刷到压印滚筒上的纸张上，因此得名“胶印”。因为胶印印版的图文和空白部分处于同一平面上，印版的空白部分和图文部分对油的吸附必须有极强的选择性才能保证着油墨的图文部分和着水的空白部分互不侵犯。下面就从印版的表面状况以及油水互斥的原理入手，对印版的润湿与水、墨平衡进行分析。

1. 印版的表面状态

国内的各个印刷厂所使用的胶印印版，其版基大多是铝板和锌板，其它类型的版基应用较少。为了适应胶印的需要，在制成印版之前要对版基进行一系列物理化学处理，使其表面形成砂目和亲水盐层或氧化层，改善印版表面的物理化学性能和润湿性能，为建立稳定的图文部分和空白部分打下良好的基础。

(1) 锌版表面状况 锌版经过球磨之后，表面形成了细砂目，除去了原来附着在锌版表面的白色氧化层 $[\text{ZnCO}_3 \cdot 3\text{Zn}(\text{OH})_2]$ ，而且使得锌版的表面积增大了许多。由于锌是很活泼的两性金属，对酸和碱的耐受力都很差，而且纯锌金属的表面润湿性能不能适应平印的技术要求，所以仅仅经过球磨的锌版还不适合作印版。因此，在制版的最后一道工序，要在锌版空白表面建立一层亲水盐层，这层亲水盐的主要成分是磷酸锌 $[\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2]$ 和氧化铬 (Cr_2O_3) 。这层金属盐层有一定的机械强度，能抵抗外来压力造成的磨损，而且磷酸锌有亲水而不溶于水的性质，在弱酸介质中有较高的稳定性。在印刷过程中，润版液在这层亲水膜上较易铺展，形成抵抗油墨的很薄水层。在印版的图文部分，亲油基和锌版之间形成化学吸附，亲油基中的脂肪酸经过较长时间的渗透，到达了版面，和锌发生如下反应



从而牢固地吸附在锌版上形成稳固的图文部分。由于图文部分的感脂层有很强的亲油性，对水的润湿性能很差，阻止了水对图文部分的扩展，为水和墨在同一版面上的平衡创造必要的条件。

(2) 铝版的表面状况 经过研磨、阳极氧化等化学、物理处理之后的铝版，版面上也有一层细细的砂目，这层砂目使得铝版的表面积增大了许多。同时由于砂目有一定的密度，故在毛细作用下，版面对附着于其表面的液体有着极大的或者说是过于强烈的吸附力，相对减弱了版面对液体吸附的选择性，所以要对版面进行封孔处理。一般是用硅酸钠稀溶液在加热情况下进行封孔。由于硅酸钠酸性很弱，在溶液中会发生强烈的水解，形成不溶于水的酸式硅酸钠 $(\text{NaHSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$ ，将版面的一部分微孔堵住。还有人认为多孔氧化铝的封闭是由于氧化铝的水合作用，使膜层表面的三氧化二铝生成结晶，增大体积把微孔堵住。总之，封孔的作用是适当降低表面的孔隙率，降低表面能。

经过封孔之后的铝版表面形成了一层质地坚硬、有一定亲水性的 Al_2O_3 和 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 薄层。它的机械强度很高，但是对酸和碱的耐受能力却很差。因此润版液的酸性或碱性都不宜过高，同时，制好的印版也不易放在有酸雾的车间内，以免亲水层结构受到破坏。

(3) 印版的亲油基础 锌版的亲油基主要是腊克，业内工厂使用的腊克多由天然树脂或合成树脂溶于有机溶剂中制得。这些物质中有不少是表面活性物质，因此腊克的表面张力不高，和油墨的表面张力差不多，比水略低。腊克配方中的各种物质基本都带有极性基团，当把腊克涂到版基上时，带有极性基团的分子全吸附到金属表面，在金属表面上形成化学吸附，从而牢固地附着于版基之上，形成稳定的亲油基。

PS版的亲油基主要是硬化了的感光树脂层，一般配方中包括感光剂、酚醛树脂、醇类和醚类，有些硬化了的感光膜的表面化学性质同腊克相似，具有亲油疏水作用，油墨很易在其上铺展，而水却很难铺展。

印版亲水基和亲油基在性质上的相互对立使水和墨在它们表面上的润湿行为截然相反，正是由于水墨在印版的图文和空白部分的润湿行为相反，才使得水墨在同一平面上的平衡得以实现。

2. 润版原理

水是极性分子，油基本上是非极性分子，油和水几乎不相溶。这是构成胶印中油和水可存在于同一平面的印版上的根据。

(1) 水是极性分子 在极性分子中，分子由正负电荷形成偶极，分子极性强弱通常用偶极矩来衡量。偶极矩越大，分子的极性越强，非极性分子的偶极矩等于零。

由于不同分子之间静电引力的作用，极性很强的水分子对极性物质就具有亲和力，同样，具有极性结构的物质对水分子有亲和力。亲和力的大小是由两物质的极性强弱来决定的，所谓物质对水分子亲和力的强弱，在印刷上即称之为该物质的亲水性大小。

水很容易与其它极性分子或离子型分子相互吸引，使这两类物质中的大多数溶解于水。因此水是最常用的一种极性溶剂。

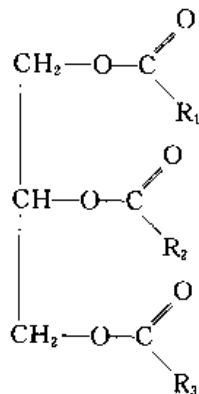
(2) 油基本上是非极性分子 某些化合物中不是整个分子具有极性，而是包含在分子中的个别原子团有极性，例如，羟基（—OH）、羧基（—COOH）、氨基（—NH₂）等。

含有极性基团的有机化合物的分子（醇、羧酸、氨基酸等）具有双重的性质，分子的一部分是非极性的，而另一部分则是极性的。例如各种饱和烃类的有机物质，因为它们的分子结构是对称的，质点电荷的分布是均匀的，其偶极矩都等于零，化学性能极为稳定，它们对极性物质分子没有亲和力，因而说它们是憎水性物质。

如果当物质中引入极性基团时，则此类物质就有了亲水的可能，其亲水性的大小决定于碳链的长度、双键数以及温度等因素。

油墨的主要成分之一是连结料，连结料不外乎是干性植物油和合成树脂两类。

干性植物油的主要成分是甘油三酸酯。其结构式表示如下：



其中 R₁、R₂、R₃ 可以相同，也可以不同。它们都是含有 17 个碳原子以上的碳氢链，碳链相当长，故憎水基团占主要地位，处于支配地位，而亲水基团只能起极微弱的作用，甚至不起作用。因此，就整个甘油三酸酯的分子来说，非极性键是主要的，它表现出的性质也证明它属于极性非常微弱的分子。

胶印油墨中合成树脂主要是甘油松香改性酚醛树脂。其结构是碳链部分占主要地位，即憎水基团起主导作用，因此它显示出非极性分子的性质，故合成树脂亦属于非极性分子。

(3) 油和水几乎不相溶 水是极性分子，而油是非极性分子，根据“相似相溶”原理，油水互不相溶，这就构成胶印中油和水可以存在于同一平面的印版上的根据。

如果在油和水中，加入第三种物质，如肥皂、阿拉伯树胶等活性剂时，经过搅拌后，油和水就相溶了，形成稳定的分散体系。这一事实表明，油和水不相混合是相对的，一定条件下的油和水是可以互相溶解的，这一现象在胶印过程中经常发生。例如印刷而在高速的相互

挤压运转过程中, 由于机械压力在油和水二相系统中发生作用, 墨层表面上并不是绝对无水, 水层表面也并不是绝对无墨。又例如水和墨的用量不相适应时, 就会阻挠油墨的正常传输, 轻者使空白部分沾留墨脏, 严重的甚至使生产无法进行。同时, 胶印中使用的水并不是单纯的水, 而是含不少无机物质的亲水胶体, 构成了亲水胶体体系。油墨中除了连结料外, 还含有颜料、填充料、催干剂等物质, 形成了憎水胶体体系。所以, 胶印中油墨和水分的关系已经不是单纯的油和水的相互关系, 而是亲水胶体和憎水胶体之间的相互关系。在这种复杂的体系中, 有很多组分又能起乳化剂作用, 加上机械力, 会促使油和水的乳化。至于乳化对生产的危害性更是多方面的, 应当充分了解并合理地应用水和油不相混合的规律, 从工艺技术上保证生产的正常进行。

3. 胶印水墨平衡

胶印中使用润湿液的目的有以下几点。

① 在印版的空白部分形成排斥油墨的膜, 抗拒图文上的油墨向空白部分扩张, 防止脏版。

② 增补印刷过程中被破坏的亲水层, 维护印版空白部分的亲水性能。印刷时, 由于橡皮滚筒、着水滚、着墨滚对印版产生摩擦, 纸张上脱落的纸粉、纸毛更加剧了印版的磨损。因此, 随着印刷数量的增加, 版面的亲水层便遭到破坏, 需要利用润湿液中的电解质和裸露出来的版基金属铝或金属锌发生化学反应, 形成新的亲水层, 维持空白部分的亲水性。

③ 降低印版表面的温度。胶印机开动以后, 墨滚以很高的速度将油墨展布成薄膜。墨滚的温度随之上升, 致使油墨的黏度下降。假如在 25°C 的印刷车间内, 不供给印版润湿液, 连续开动胶印机 30min, 印版上的油墨温度会上升到 $40\sim 50^{\circ}\text{C}$, 油墨的黏度骤然下降, 流动性增强, 油墨迅速铺展, 造成网点的严重扩大。所以, 在印版的空白部分涂布温度与室温相同或低于室温的润湿液, 能降低印版表面的温度。

可见, 印版空白部分始终保持一定厚度的水膜, 才能保证印刷的正常进行, 并获得优质印刷品。但是, 这层水膜太薄, 达不到使用润湿液的目的; 水膜太厚, 又会发生油膜的严重乳化。因此, 实现胶印的水墨平衡, 应从控制印版水膜的厚度入手。

为了保证印刷品的质量和生产的正常进行, 胶印水墨平衡的含义应该是: 在一定的印刷速度和印刷压力下, 调节润湿液的供给量, 使乳化后的油墨所含润湿液的体积分数低于 26%, 形成轻微的油包水型乳化油墨, 用最少供液量和印版上的油墨相抗衡。

大量的实验和生产经验证明, 正常印刷时, 印版图文部分的墨层厚度约为 $2\sim 3\mu\text{m}$, 而空白部分的水膜厚度约为 $0.5\sim 1\mu\text{m}$ 时, 油墨所含润湿液的体积分数为 15%~26%, 最大不超过 30%, 基本上实现了胶印的水墨平衡。

二、平印版

按所用版材和制版工艺过程不同, 可将平印版分为石版、蛋白版、珂罗版、平凹版、多层金属版、即涂感光平版和预涂感光平版等几种形式, 本节主要介绍以下几种。

1. 蛋白版

蛋白版也称平凸版。以锌或铝为版基, 经磨版呈砂目后涂布感光液。感光液由蛋白、重铬酸铵和水组成, 然后用阴图片曝光, 其制版工艺流程如图 9-6 所示。

蛋白版的图文部分是亲油疏水的硬化蛋白膜, 高出版基表面 $3\sim 5\mu\text{m}$, 空白部分是亲水疏油的无机盐层。

蛋白版制版工艺操作简单, 使用的原材料成本较低, 但印版耐印力不高, 一般为 5000~

10000 印，主要用于短版活。

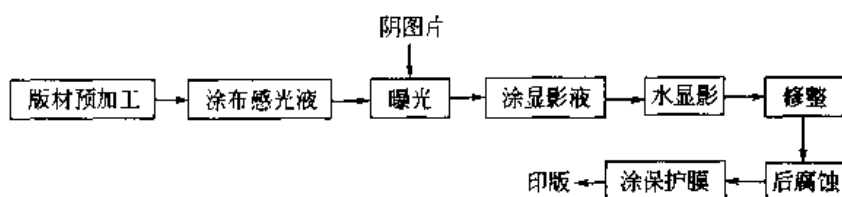


图 9-6 蛋白版制版工艺流程

2. 平凹版

平凹版的版基是锌板，先把锌板的表面研磨成细密的砂目，再经硝酸、硝酸铝钾溶液的敏化处理，以提高版面的吸附性；最后涂布聚乙烯醇、重铬酸铵等物质组成的感光液，形成感光薄膜。其制版工艺流程如图 9-7 所示。

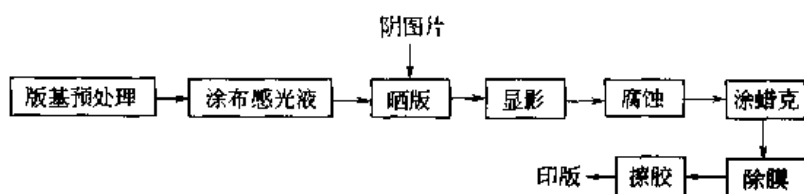


图 9-7 平凹版制版工艺流程

(1) 版基预处理 版基预处理主要包括磨版和前腐蚀。

磨版用磨版机进行。先用碱溶液对版基面进行脱脂，然后放入磨版机中进行磨版，使版面形成砂目，以获得良好的吸附性能。

前磨蚀采用弱酸腐蚀液对版基表面进行化学净化处理，以增强版基表面与感光液的黏结性能。

(2) 涂布感光液 在版基表面涂布感光液，制成晒版用的感光版。感光液由聚乙烯醇、重铬酸铵和阿拉伯树胶组成。

(3) 晒版 采用阳图片与版材的感光面充分密附，以蓝紫光源曝光，空白部位透光，使胶膜硬化。

(4) 显影 通过显影将未见光硬化的感光层溶解去除，以露出金属层，而见光硬化的感光层稍加膨胀，牢固地保留在版面上，从而显现出印版图文。

显影液采用盐与弱酸的水溶液，一般由氯化钙、氯化锌和乳胶配制而成，根据季节变化使用不同浓度的显影液，夏季一般为 $41\sim 42^{\circ}\text{Bé}$ ，冬季为 $36\sim 37^{\circ}\text{Bé}$ 。

(5) 腐蚀 印版图文部分的金属层用腐蚀液腐蚀下凹。腐蚀液的主要成分为氯化钙、氯化锌和乳酸盐酸。实际上是利用盐和酸与金属锌进行化学反应的原理来实现印版腐蚀的。腐蚀下凹的深度一般为 $5\sim 8\mu\text{m}$ 。

(6) 涂腊克 在版面图文部分涂擦一层亲油性的基漆（腊克），以提高感脂性能。所用腊克由各种有机化合物配制而成，主要包括酚醛树脂、硝基清漆、虫胶、乙醇、异丙醇以及各种酯类和醛类的化合物，是非极性很强的亲油疏水物质。

(7) 除膜 去除硬化的感光层，露出空白部分的金属层，并用磷酸溶液加以处理，以形成稳定的亲水盐层（磷酸锌）。

(8) 擦胶 为防止版面脏物污染和空气氧化，应对版面进行保护，为此，在制版最后工

序安排擦胶,同时还可提高版面空白部分的亲水性。所用胶液一般采用 12~42°Bé 阿拉伯树胶。完成整个制版工艺过程后,平凹版的印版结构如图 9-8 所示。

平凹版的制版工艺较蛋白版复杂,原材料成本较高,但印版的耐印力可达 20000~40000 印。平凹版的砂目粒度没有 PS 版那么均匀,因而色调的再现性和图文的清晰度均不如 PS 版,而且平凹版的晒版工艺不易掌握,印版质量也不稳定。

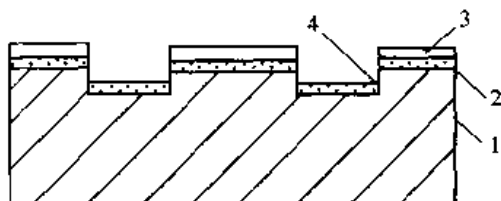


图 9-8 平凹版的印版结构
1—版基（锌）；2—磷酸锌层；
3—亲水胶体层；4—腊克层

3. 多层金属版

用钢或铝皮为版基,以铜为亲墨层,铬或镍为亲水层的一种平版。

(1) 种类及主要特性 多层金属版的版材是在版基上经电镀而成。若版材由两层金属构成,如采用铜-铬结构,则称双层金属版;若版材由三层金属构成,如采用铁-铜-铬结构,则称三层金属版。另外,根据印版版面图文部分的形态又有平凹版和平凸版之分。表 9-2 列出多层金属版的种类和主要特性。目前,大多采用三层平凹版。

表 9-2 多层金属版的种类和主要特性

种 类	印版结构	主 要 特 性
双层金属版	铜-铬	耐印力百万印以上,易保存,成本高
	铝-铜	耐印力 30 万~50 万印,成本低
三层金属版	铁-铜-铬	耐印力百万印以上,成本适中
	铝-铜-铬	耐印力百万印以上,成本适中
	锌-铜-铬	耐印力百万印以上,成本较高

(2) 三层平凹版制版工艺 以铁-铜-铬三层平凹版为例说明制版工艺流程,如图 9-9 所示。

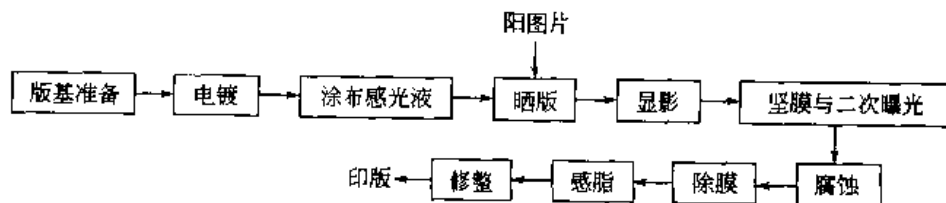


图 9-9 三层金属版制版工艺流程

① 版基与电镀 在薄铁板版基上镀铜和镀铬。镀铜厚度一般为 0.02~0.03mm;镀铬厚度为 0.03~0.04mm。采用平凹版制版工艺。

② 涂布感光液 采用离心式涂布机进行涂布。感光液一般采用重铬酸盐-阿拉伯树胶感光液或重铬酸盐-聚乙烯醇感光液。

③ 曝光 曝光与平凹版基本相同,其曝光时间略长于平凹版。

④ 显影 因曝光时间略长,故显影液的浓度应高于平凹版。

⑤ 坚膜与二次曝光 为达坚膜目的,应在烘箱内进行烘干,并通过二次曝光,强化硬化的感光层。

⑥ 腐蚀 一般采用硫酸溶液进行腐蚀,也可采用盐酸溶液和磷酸溶液分两步腐蚀。为

使腐蚀充分, 可将腐蚀液加热至 60°C 左右。

⑦ 除膜 用 $5\% \sim 10\%$ 的氢氧化钠溶液在常温下将硬化的保护膜去除。

⑧ 感脂化处理 用 10% 乙基黄原酸钾酒精溶液进行感脂处理。

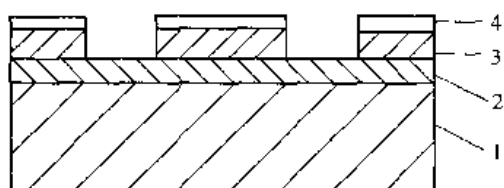


图 9-10 三层平凹版的印版结构

1—版基（铁）；2—镀铜层；

3—镀铬层；4—保护层

⑨ 修整与刷胶 在精细修整版面缺陷后, 涂刷阿拉伯树胶, 以保护版面。完成制版工艺过程后, 印版的结构如图 9-10 所示。

多层金属版的亲油部分是亲油性强的金属铜, 并经感脂处理, 进一步增强了感脂能力。版面的亲水部分是亲水性良好的金属铬或镍, 没有无机盐层和氧化层, 润湿液可直接在空白部分铺展, 在印刷过程中可减少给水量, 从而可减少承印物的伸缩变形。

形, 有利于保证套准精度, 同时降低了油墨的乳化值, 以利于提高印品质量。此外, 金属铬的化学稳定性较好, 有良好的耐磨性, 印版的耐印力较高。但是, 多层金属版制作成本较高, 制版周期较长, 而且印刷时网点扩大现象较严重, 色调的再现性不如 PS 版, 一般仅适用于长版活。

4. 预涂感光平版

预先涂覆感光层的、可随时进行晒版的平印版, 简称 PS 版。PS 版由专业制造厂制作, 直接为用户提供晒版用版材。

PS 版的亲油部分是高出版基平面约 $3\mu\text{m}$ 的重氮感光树脂层, 是良好的亲油疏水薄膜, 油墨很容易在上面铺展。重氮感光树脂膜还有良好的耐磨性和耐酸性。若经 $230 \sim 240^{\circ}\text{C}$ 的温度烘烤 $5 \sim 8\text{min}$, 可使感光膜珐琅化。还可提高印版的硬度, 印版的耐印力可达 20 万 \sim 30 万张。

PS 版的亲水部分是三氧化二铝的薄膜, 高出版基平面约 $0.2 \sim 1\mu\text{m}$, 亲水性、耐磨性、化学稳定性都比较好, 因而印版的耐印力也比较高。

(1) PS 版版材的制作

① 版基 PS 版版基一般采用铝板。铝板的厚度常用 0.15mm 、 0.3mm 和 0.5mm 三种规格。

② 版材制作工艺 PS 版版材制作工艺如图 9-11 所示。

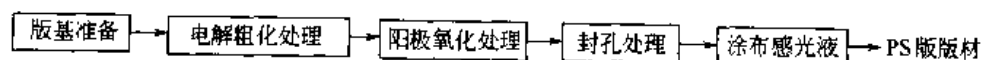


图 9-11 PS 版版材制作工艺

a. 电解粗化处理 通过电解粗化处理, 在版基表面形成微小、均匀的砂目, 以增加印版版面的表面面积, 有利于对脂肪酸及亲水性酸质的吸附, 提高版面图文部与空白部的亲油、亲水能力。电解时, 利用交流电连续改变两个电极的极性, 在酸液（盐酸）的作用下, 使版面形成砂目。

b. 阳极氧化处理 经电解粗化形成砂目后, 只是增大了表面面积, 但其硬度、耐磨性及化学性能等仍未得到改善, 所以, 还应通过阳极氧化处理得到均匀的氧化膜。

以铝板版基为阳极, 用铅板作阴极, 电解液可采用稀硫酸或铬酸溶液。当接通直流电后电解槽内的水溶液发生电解, 使砂目表面的铝成为多孔性的氧化铝薄膜, 并与铝基牢固地结合在一起, 其化学反应为

阳极： $2\text{Al} + 6\text{OH}^- - 6\text{e}^- \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$

在阳极同时放出氧气，即 $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$

阴极： $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 \uparrow$

通过阳极氧化，版基表面不但形成均匀的氧化铝膜，而且还提高了版材的硬度和耐腐蚀性，并改善了铝版的涂布性能。

c. 封孔处理 封孔处理主要是为了得到比较稳定的表面孔隙，以减少由于自然封孔所带来的不稳定因素的影响，保证版材具有一定的亲水性和印刷适性。

封孔时，将铝板浸入 5% 的硅酸钠溶液中，液温控制在 90℃ 左右，浸泡处理时间为 10~210min。

d. 涂布感光液 采用重氮型感光液。

(2) PS 版制版工艺 目前应用较多的 PS 版主要有两种，即阳图型 PS 版和阴图型 PS 版。

① 阳图型 PS 版 也称光分解型 PS 版，其制版工艺流程如图 9-12 所示。

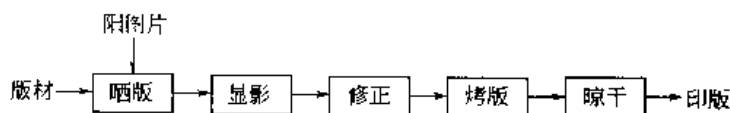


图 9-12 阳图型 PS 版制版工艺流程

a. 晒版 阳图型 PS 版采用光分解型感光材料。除曝光外，制版全过程应避免强光照射。重氮感光剂仅对 350~400nm 波长的光感光。所用光源可采用金属卤化灯、超高压水银灯、氙灯、镝灯及碳弧灯等。曝光时应注意阳图片与感光层之间的密附性。

b. 显影 不同感光液的 PS 版应选用不同组分、不同浓度的显影液进行显影，使用中要将显影液与 PS 版版材配套使用。

c. 修正与烤版 显影后用修正专用液对版面的缺陷进行修正，然后在 230~240℃ 的温度下烤版 5~8min，使图文部的感光层珐琅化，以提高印版的耐印力。阳图型 PS 版的印版结构如图 9-13 所示。另外，为了便于检查和保护版面，还可进行涂墨和涂刷阿拉伯树胶。

② 阴图型 PS 版 也称光聚合型 PS 版。使用阴图片曝光，受光的图文部分感光后发生聚合反应而硬化，未受光的空白部分未硬化，在显影时被溶解。

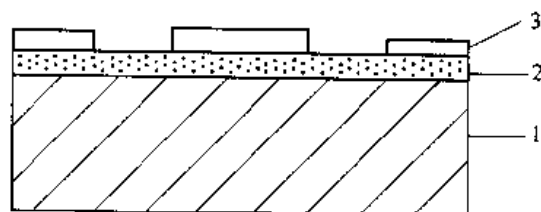


图 9-13 阳图型 PS 版的印版结构

1—版基（铝）；2—氧化铝层；
3—重氮硬化层（图文部）

阴图型 PS 版印版的制作工艺过程及印版结构与阳图型 PS 版基本相同，二者均属平凸版。

(3) PS 版的贮存与再生

① PS 版的贮存 将打样的印版和印数较少的印版及时用汽油清除油墨，用水冲洗干净后，并涂擦 10~12°Bé 阿拉伯树胶保护版面，待干燥后贮存备用。

② PS 版的再生 对版基厚度为 0.3~0.5mm 的铝基 PS 版可进行再生处理，以便重新制作 PS 版版材。处理方法如下。

a. 全面曝光 用专用剥离液和脱膜机械进行剥离。一般可在阳光下曝光 5~10min，或用晒版光源加倍增加曝光时间进行全面曝光，使图文部分的感光层充分分解。

b. 去除感光层 将全面曝光的印版浸入高浓度显影液中去掉感光层，待冲洗干净后，再用 3% 的磷酸中和。

c. 涂布感光液 将上述处理的印版经去脂、干燥后便可重新涂布感光液，完成 PS 版的再生处理。再生处理的 PS 版贮存数日后方可使用。

PS 版的砂目细密，分辨率高，形成的网点光洁完整，故色调再现性好，图像清晰度高；PS 版的空白部分具有较高的含藏水分的能力，印刷时印版的耗水量小，水墨平衡容易控制。由于 PS 版具有上述许多优点，已成为目前胶印中理想的印版。

5. 干式剥离型 PS 版

1965 年以来，各国文献和专利发表了不少光剥离型和光黏合型 PS 版。这种版的制作原理是应用曝光之后感光性树脂对于版基的黏附性发生变化，经剥离去掉未感光部分的树脂，留下感脂性图像。

干式剥离型 PS 版的感光层经紫外线照射发生聚合反应，从而使其黏合性发生变化。空白部分的感光层在晒版后与剥离片一起从版面剥离掉，而遇光的图像部分，因具有半黏合性而留在版面，这半黏合性的感光层，再以紫外线照射，则其耐磨性增强好几倍。工艺流程如图 9-14 所示。

干式剥离型 PS 版制版工艺的最大特点是省去了大量化学药品，简化了工序。

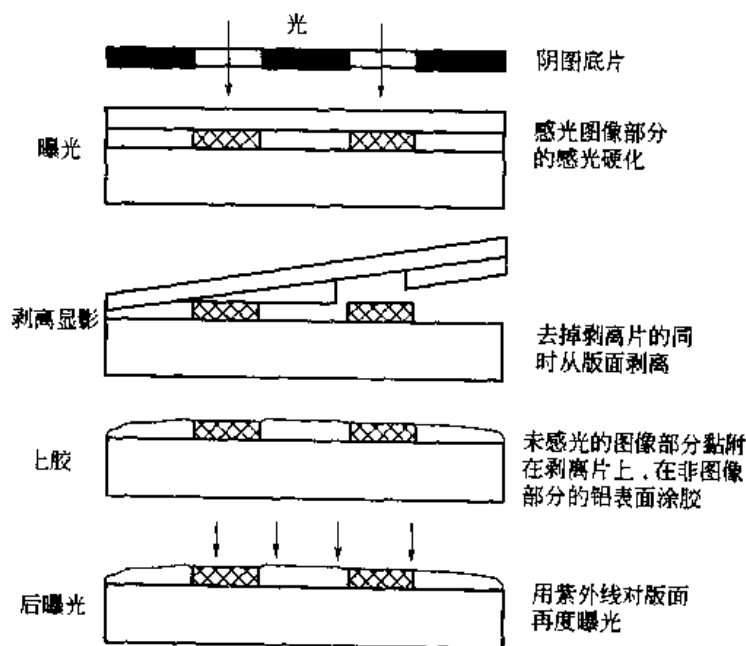


图 9-14 干式剥离型 PS 版制版工艺流程

6. 印版的变形

(1) 印版的弯曲变形 印刷前先要把印版安装到印版滚筒上，这个过程叫上版。版面变形随印版滚筒半径的增大而减少；当印版滚筒半径一定时，版面变形随印版利用系数和印版厚度的增加而增加；当版厚一定时，版面变形随印版滚筒半径的增大而减小。胶印高速轮转机的印刷速度很高，印版滚筒的半径比较小，要求提高印版的利用系数，结果使印版版面变形增大。为了控制版面的变形，只好把印版做薄，例如，把 PS 版的厚度做到 0.3mm 或 0.15mm。此外，若要套印还要求各版厚度相同，厚薄均匀，这样各版的变形大小接近，套

印才能准确。

(2) 印版的拉伸变形 固定到印版滚筒上的印版受到以下几个外力的作用：张紧印版的拉力，衬垫给印版的摩擦力和正压力。这些力合起来构成的力矩使印版产生弯曲变形，构成沿周向拉力使印版产生拉伸变形。上版时，印版不可拉得太紧，要以固定住不滑为度，弹性模量小的印版切不可做得太薄，否则会因截面积的大幅度下降而使印版产生过量的拉伸变形。印版拉伸变形不均匀，结果可能使印版表面产生局部的过量变形甚至断损（在靠近后口处），也可能影响印版各部分的相对位置。

(3) 印版的其它变形 印版固定在印版滚筒上以后，其主要变形是拉伸和弯曲的组合，但是在印版的安装和拆卸的过程中，需要调节印版的位置，要拉动印版，印版便可能产生一些其它变形，这是特殊的情况，要尽力防止这些变形的发生。

卷筒轮转机采用内夹式装版，最后要使前后口规矩线对齐，保证版装正。当印版需要做轴向移动时，必须先撤消对印版的周向的张紧力，对印版的张紧力消除后，才可能使衬垫对印版的摩擦力消失或减小到足够的程度，否则印版可能出现不正常的变形。

当印版需要做周向移动的时候，要拉动印版的一端必须把印版的另一端的张紧力撤消。这样才可能松动，而且不能用力过大，否则会造成印版拉伸变形大幅度增加。

7. 印版的耐印力

在保证印品质量的前提下，印版能承印的最高印刷数量叫做印版的耐印力。

印版上的油墨在印刷压力的作用下，通过橡皮布转印到纸张或其它承印物的表面上，印刷压力愈大，橡皮布和印版之间的摩擦力也愈大。印版不仅受到橡皮布的摩擦，还受着水辊和墨辊的摩擦。如果油墨颜料的颗粒较粗，墨辊上有干涸的墨皮，纸张的掉毛、掉粉现象严重，那么就更加剧了摩擦。印刷机制造的精度不高，印刷机的调节不好，印刷机的使用不当，都会引起额外的摩擦。

各类摩擦从印刷开始，便对印版的表面结构起破坏作用，随着印刷数量的增加，印版表面破坏的程度逐渐加剧。

胶印印版的空白部分是无机化合物形成的亲水薄膜，这层薄膜在印刷过程中被磨损之后，铝质或锌质的版基会裸露出来，与润湿液中无机酸起化学作用，生成新的无机盐层，这就重新补充了被破坏的亲水层，但在此过程中，印版的砂目却遭到了破坏，而这在印刷中则是无法补救的。

各类摩擦是引起印版耐印力下降的主要原因。引起摩擦的原因很复杂，如滚筒的包衬、滚筒间的距离、油墨和纸张的性能等。尽量减少摩擦对印版的破坏是提高印版耐印力的重要途径。

电化腐蚀和化学腐蚀也是导致印版耐印力下降的一个因素。为控制或减弱对印版的电化腐蚀和化学腐蚀，在印刷中途停机时，要给印版擦拭阿拉伯胶液，胶液中的水分蒸发后干固的胶层，不仅降低了印版空白部分的表面自由能，而且隔绝了金属表面和空气的接触，防止了对印版空白部分的电化腐蚀和化学腐蚀。此外，为防止图文部分砂目的电化腐蚀和化学腐蚀，可使着墨辊给印版供给足量的油墨，剩余的墨层对印版的图文部分也起保护作用。

还有一些措施可以提高印版的耐印力，如调节油墨的干燥速度以防止油墨干燥过快造成干结的墨层堆积到印版上，清洗橡皮布上的纸毛、纸粉，控制润湿液的酸度；天热时及时降低印版表面的温度，保证印版供墨、供水的均匀性等。

三、平版印刷工艺

1. 平版印刷工艺

(1) 印前准备

① 印版的准备 为了减少印版上机后可能出现的差错，印刷前须对印版进行复核，其内容包括：印版厚度，印版类型，色别，色调，印版的叼口尺寸，十字线到叼口的距离，版面有无凹凸伤痕，印版背面有无异物等，其中要特别注意色别和色调的检查。

② 油墨的准备 平版印刷用的油墨必须具备易于印刷的特点，即能从各墨斗内顺利地引出，经过墨辊、印版，传向橡皮滚筒，再转印于纸或其它承印物的表面。胶印是间接印刷，且有润版液的存在，当油墨从橡皮滚筒转印到纸面上时，油墨量必定要减少，因此，平印油墨应是高浓度的油墨，并且还应具有与纸面固着充分、耐酸、不溶于水、抗乳化性强、色调鲜艳、光泽性强、干燥后不变色、不退色等性质。

③ 润版液的准备 除特殊情况之外，胶印所用的润版水并非纯水，而是含有多种电解质、表面活性剂及亲水胶体的稀溶液。为了与一般的水相区别，凡用于胶印过程中湿润印版版面的水溶液，称为润版液，或称水斗溶液。为了使润版液使用方便，传统的方法是将各组分按规定的配方和配制方法，配成浓度比较高的溶液备用，叫做润版原液。使用时，再将原液稀释为润版液。润版原液还往往被直接用于擦除印版空白部分沾有的脏污，或用于克服“糊版”的弊病。

由于胶印原辅材料逐步实现商品化，国内外市场上均有瓶（罐）装的润版原液出售。

④ 印刷纸张的准备 平版印刷的纸张，要求伸缩性小、不拉毛、不脱粉、质地紧密及具有适当的平滑度、白度等性能。平版印刷中使用最广泛的是胶版纸及铜版纸。胶版纸是专供平版印刷机多色套印的纸张，常用来印刷各种宣传画、书刊插图、封面、地图、商标、画报等印刷品。铜版纸是高级的印刷用纸，主要用于印刷画册、画报、日历、年历卡、商品样本、精细插图及商标和高级宣传画等印刷品。

平版印刷由于有水的参与，在多色印刷中纸张变形是造成套印不准的主要原因之一。应严格控制纸张的含水量。

纸张的含水量随温度、湿度改变而变化，当空气含水量大于纸张含水量时，纸张便吸收水分，纸边伸长，呈波浪形，俗称“荷叶边”。若含水量小于纸张含水量时，纸边放出水分，出现“紧边”现象，直至两者达到平衡为止。实验证明相对湿度每变化10%，纸张含水量将变化1%左右与之适应，图9-15表示相对湿度和纸张伸缩的关系，从图中可以看出横

丝缕纸比直丝缕纸变形大。

纸张在印刷前，均需经过调湿处理，使其与印刷环境温度、湿度相适应。调湿处理的方法一般有以下三种：

- 在印刷车间内进行晾纸，使纸张的含水量和印刷车间的温度、湿度相平衡；
- 把纸张先在较潮湿的地方加湿，然后再放入印刷车间或与印刷车间温度、湿度相同的晾纸间进行平衡；
- 用晾纸机晾纸。

三种晾纸方法中，第一种效果最差，第

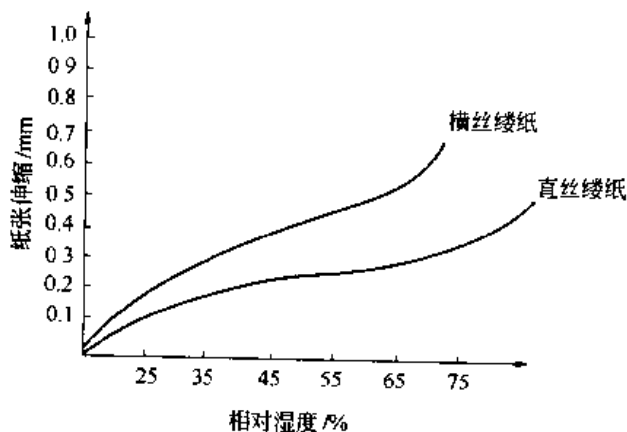


图 9-15 相对湿度与纸张伸缩的关系

二种、第三种效果较好。

将准备好的待印刷的纸张，整齐地堆放在胶印机纸台上，并调整好送纸机构，以保证印刷时正常地给纸。除印版、油墨、纸张的准备外，还要准备好橡皮辊、橡皮布、包衬材料等。

⑤ 印刷环境 在平版印刷中，印刷环境是获取优质产品的重要因素之一，但往往被人们所忽视。环境温度、湿度的变化，主要表现在对印刷纸张、油墨、静电现象的各种影响。

a. 对纸张的影响 温度、湿度的变化，使印刷纸张伸缩、卷曲、起波纹、折皱，而造成规矩不准、难以套印。当温度、湿度变化较大时，印刷用纸的强度变小，纸张难以对齐定位。纸张含水量显著增加时，纸面的平滑度降低，使印墨的固着速度变慢，印墨的转移性能变差。

b. 对油墨的影响 温度高时，油墨的黏度变小，网点变粗，使印刷品污化。同时油墨的固着速度虽然加快，但其稳定性减弱，温度过高树脂性油墨容易回软，出现反印现象。温度低时，油墨的黏度变大，使油墨的转移性能和附着性能下降。温度越低，油墨的附着性越低。

c. 静电的产生 纸张是绝缘性较好的物质，但是在印刷过程中，往往因摩擦而使其带电，也有的纸张由于各种原因在印刷之前带有静电。静电斥力作用可使纸张相互反拨，造成收纸不齐；由于静电引力作用使纸密着，造成给纸困难，还容易吸附灰尘，出现反印、飞墨现象。但静电现象随湿度的增大会相应减少，所以，印刷车间应保证恒温恒湿，一般温度控制在 $18\sim 22^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 (RH) 控制在 65% 左右。

(2) 印刷 印刷前要仔细检查并校准印版；检查印刷机的给纸、走纸、收纸情况；校正压力；调整印版滚筒、橡皮滚筒、压印滚筒之间的中心距，使压力均匀；供水供墨，使墨量、水量分别符合印刷要求。然后，将印版的保护膜洗擦干净，用汽油除去干固的墨迹，上墨校版，按工作单要求检查试印样是否符合要求。签印后，即可正式印刷。

2. 印刷压力

与其它印刷相同，印刷压力对胶印影响很大。

(1) 印刷压力与油墨转移的关系 纸张上的油墨厚度取决于印刷压力的大小，其次与纸的结构特性、表面粗糙度、油墨的黏着性和印刷速度等因素有关。

如图 9-16 所示，把曲线分为许多段，如 AB、CD 及 DE 等，以虚线标明的 AB 段称为“墨量不足段”，这是由于 $p_0\sim p_1$ 范围内，印刷压力并不能使印刷面间的距离小到油墨与固体足以相互吸引。这时印迹不可能完整地复制出来，而有“空虚”的现象。

在 BC 段，从 B 点开始，供墨量随着压力的增加而显著地增加，能把印迹较好地复制出来，即在 $p_1\sim p_2$ 的压力下，印品墨色有了一定改善，能印制出轮廓不一样的印迹，但是纸张的不平度和粗糙度常有变化，故墨层很难保证相同的厚度，部分印迹有时还会有“空虚”现象。

在一般情况下，曲线的 BC 段上，印版的供墨量随着压力而变化（油墨层经常变化的厚度

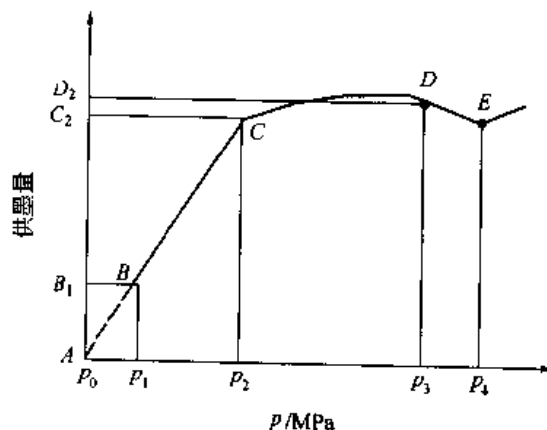


图 9-16 印刷压力与油墨转移关系

不能超过印刷的正常厚度)。故在曲线图的 BC 段, 印版的供墨量与压力成正比, 因此把 BC 段叫油墨按比例转移的区段, 而 $p_1 \sim p_2$ 内的压力称为按比例转移的压力。

在 CD 段的范围内, 即压力在 $p_2 \sim p_3$ 以内有所改变, 供墨量则近似不变, 能够在一定的客观条件下印出不走样的印迹, 并使各印张之间保持相同的被转移的墨量。

在 DE 段的范围内, 由于压力过大, 在 $p_3 \sim p_4$ 的压力作用下, 使印迹向非图文部分“铺展”。

从图 9-16 可知, p_2 叫做工艺必须压力, p_3 叫做适当压力, p_4 叫做临界压力。

(2) 影响印刷压力的主要因素

① 纸张的平滑度 胶印的产品种类很多, 印刷用纸很不相同, 印刷用纸的表面状况也有差别, 因而印刷中所需要的印刷压力也各不相同。表面粗糙的非涂料纸所需压力差不多是表面极为光滑的超光铜版纸的 3 倍, 使用平滑度低的纸张印刷, 就必须适当地提高印刷压力, 否则会出现印刷品网点发虚、字迹缺笔断道的弊病。

② 印刷速度 很多生产实例都证明, 当印刷速度显著增加时, 印刷压力也要增加。因为印刷速度提高时, 印刷面之间相对应的质点所接触的时间也有所减少, 这就必须通过较大的压力, 使印刷面之间不完全接触的程度减少, 便于油墨能够较快地从供墨表面转移到受墨表面, 使油墨能在短的压印时间内完成必要的转移。

同样的轮转机, 现代高速机器的必需压力也会比旧式机器高一些。因为高速机器除了压印时间较短以外, 它的滚筒的利用系数较大, 半径较小, 所以压印时的压印宽度也相对减少, 同样会影响油墨的转移。

③ 产品的质量要求 不同的产品有着不同的复制要求, 除了采用不同的原材料和印版外, 还可以从印刷压力方面设法适应。“实地”图文部分压力可以稍大一些, 来达到印迹结实的要求。网线图文则应该十分强调“理想压力”, 避免网点增大而损失层次。高网线产品对复制质量的要求更高, 特别要控制印刷压力, 使之达到最小值。印制该类产品时, 应尽量采用表面平滑的涂料纸, 以减少印刷压力。

④ 橡皮布及其衬垫物的弹性 橡皮布及其衬垫材料, 如毡呢、纸, 其变形特性与印刷压力有密切的关系, 应该选用富有弹性而在大量印刷后弹性不易失去的橡皮布及毡呢、纸张作为衬垫材料, 来满足理想印刷压力的基本要求。反之, 弹性差, 质地硬而不韧的材料则必然要提高“最小印刷压力”的绝对值。

橡皮布使用一定时间 (达到一定印数) 后, 或快或慢地减少原有弹性, 这由它们的质量优劣所决定。这时就不得不以增加压力来达到完全接触的目的, 所以新的衬垫材料比旧的能更好地实现最小压力。

⑤ 印刷品的数量 在印刷过程中, 随着印刷品数量的增多, 印刷压力有所减小, 这是由于橡皮布和衬垫使用了一定时间后, 即印刷了一定数量的印刷品后, 会失去或减少原有的弹性, 因而使印刷压力减少。根据实验, 对于软衬垫, 印刷压力下降 20%~30%, 而对于中硬性衬垫如双层橡皮布, 印刷压力下降 10%~15%。由于印刷压力的下降, 相应会使油墨转移率降低。因此, 为了获得质量稳定的印品, 可在印刷前测量压力, 使印刷一定数量印品后的印刷压力仍足够, 以保证印品的质量。

这种印刷压力降低的现象在更换新村垫后最为明显, 因此, 在更换新村垫后必须以工作速度运转 0.5~1h, 使衬垫变形稳定, 然后再调整印刷压力, 这样就可以用基本不变的印刷压力获得优良的印品。

(3) 调整压力 平版印刷是通过橡皮滚筒的弹性变形来实现图文油墨转移的。通过对滚筒包衬的质地、厚度的选择,采用不同的包衬方法来实现理想压力。滚筒包衬是否合适,直接影响印刷品的质量和印版的使用寿命。

① 包衬质地的选择 按照衬垫物的组合和性质,一般可分为硬性衬垫、中性衬垫、软性衬垫。这三种衬垫具有不同的挤压变形和弹力,可在印刷时选用。

a. 硬性包衬 它是在橡皮滚筒下衬以纸张形成的。硬包衬的厚度应在 2mm 以下,印刷压力(挤压变形值)控制在 0.04~0.08mm。它对印刷机的制造精度、印刷速度及印版、橡皮布的平整度要求高,一般用在质量较好的印刷机或接触式滚枕的机器上。

b. 中性包衬 由橡皮布、夹胶布(或旧橡皮布)、纸张组成。包衬厚度为 3~3.5mm,印刷压力为 0.15~0.25mm。中性衬垫软硬适中,印出的网点清晰、光滑、增大值小,一般用于不接触滚枕胶印机。

c. 软性包衬 软性包衬由橡皮布加毡呢加衬纸组成。包衬厚度约为 4mm,印刷压力为 0.2~0.25mm,甚至到 0.3mm。软包衬弹性较大,形变量较大,压印时,滚筒接触面较大,不易出现杠子,对印版的磨损也较小。但网点易增大,印刷质量较差,用于磨损较大的旧机器的包衬。

② 调整印刷压力 在实现图文油墨理想转移的前提下,印刷压力应尽可能小些为好。

滚筒包衬的方法有等径法、不等径法和两者并用三种方法,无论哪一种方法在印刷中必须做到:

- a. 三滚筒在同一角度下作匀速圆周运动;
- b. 齿轮的节圆直径与滚筒的有效直径相等,使滚筒表面线速度相等;
- c. 滚筒的传动齿轮在节圆相切状态下运动。

在印刷过程中,一方面要确保图文墨迹的充分转移,另一方面又要使网点印迹不铺展,摩擦量小,即保持理想印刷压力。

调整印刷压力可通过调整滚筒包衬厚度和调节滚筒中心距来完成。

3. 油墨的传递和转移

(1) 从墨桶到墨斗 胶印油墨有一定的屈服值和触变性。一般是由人工用墨刀把油墨从墨桶中取出,置于墨斗中。

(2) 从墨斗到墨斗辊 墨斗中的油墨能否与墨斗辊始终保持良好的接触,以便均匀地被墨斗辊带出,一个重要的条件是取决于墨斗中的油墨是否具备以下流变性能:触变性不能太大,屈服值不能太高,粒度不能太小,丝头不能太短,流平性要好。这是因为墨斗中的油墨是与转速很慢的墨斗辊相接触的缘故。这时的油墨是依靠其自身的重力和本身的流动、铺展能力的大小来决定它自身能否在很低的剪切应力的作用下,依然良好地和墨斗辊保持接触和黏附。

如果墨斗中的油墨是屈服值高、黏度小的一类,其下墨性能就很差,因为它缺乏对墨斗辊的必要的黏附能力。所以在印刷过程中,需要操作者时常搅动墨斗中的油墨,来保证油墨和墨斗辊之间的良好的黏附接触。不然就会因油墨与墨斗辊逐渐脱离接触,而造成印刷品前深后淡。为此,现代高速胶印机大多设有自动搅拌装置,以保证下墨的均匀一致。即使对没这类装置的胶印机,也在平版胶印印刷工艺操作规范中规定:在印刷过程中,操作者必须时常搅动墨斗中的油墨,一是使墨斗中的油墨和墨斗辊始终接触良好,二是了解墨斗中油墨的储量,使其保持在恒定的范围之内。

(3) 从墨斗辊到墨辊 由于胶印机墨斗辊的运转是间歇转动的形式, 所以由墨斗辊输出的油墨总是弧形带状的墨条, 其墨条的宽度可以调节。改变墨斗辊在一个工作周期内的转角大小, 就可调得不同的下墨量。显然在印刷过程中, 采取薄墨层、宽墨条的输出方案, 比厚墨层、窄墨条的输出方案更有利于油墨的传递, 使油墨能尽快地在周向被打均匀, 使墨斗辊与墨斗刀片之间的微调更精细, 以满足印刷的需要。

(4) 从着墨辊到印版 平版印刷在印刷时, 总是先由着水辊与其全面接触润湿印版的空白部分, 然后是着墨辊和印版全面接触, 向印版的图文部分供墨, 如此循环往复。

当着水辊与印版全面接触时, 有两种情况同时发生: 一是着水辊和印版的空白部分接触, 润版液在这两个固体表面之间, 着水辊和印版脱离后, 空白部分被润版液所润湿, 被一层薄薄的润版液所覆盖; 二是着水辊和印版的图文部分接触, 接触区域内既存在着润版液, 又存在着图文部分上的油墨 (又称剩余墨层), 在压缩变形的作用下, 一部分润版液挤压进油墨之中, 发生本次印刷周期内的油墨第一次乳化, 供水量越大, 被挤入墨内的润湿液也越多, 油墨乳化越严重。因此, 着水辊和印版的图文部分分离后, 将有微小的润版液液滴留在墨层的内部和表面。

然后着墨辊和印版全面接触。也有两种情况同时发生, 着墨辊和印版的空白部分接触, 接触面上既有润版液又有油墨, 在压缩变形的作用下, 会有少量的润版液被挤入着墨辊的墨层中, 发生本次印刷周期内的第二次乳化。而且, 空白部分面积比越大或者供水量越大, 油墨乳化越严重, 并通过墨路使其它墨辊上的油墨也发生乳化。

着墨辊和印版的图文部分接触, 接触面内既有着墨辊上的油墨, 又有印版图文部分表面已乳化了油墨, 在压缩变形的作用下, 油墨发生本次印刷周期内的第三次乳化。

显然, 过大的供水量会损害着墨辊向印版图文部分传递油墨的效果。甚至阻隔墨辊之间的油墨传递, 产生“脱墨”现象。

平版印刷在印刷过程中, 由于物理或化学的原因, 使图文部分 (低能表面) 或空白部分 (高能表面) 全面地或部分地受到损坏, 就会使油墨的传递发生问题。不该转移上墨的表面有了油墨; 应该转移上墨的表面却上不上墨。

(5) 由印版到橡皮布 平版胶印印刷是间接印刷。印版图文部分的印迹油墨必须经过一个转印物 (橡皮布), 才能转移到承印物表面。所以要求:

- ① 橡皮布表面具有良好的亲油、疏水性能;
- ② 橡皮布和印版之间压力均匀而合理。

在印迹油墨由印版图文部分向橡皮布表面转移时, 出现了第一次网点增大, 印版图文部分在和橡皮布脱离压印面的瞬间, 不能把所有的印迹墨层都转交给橡皮布, 必须保留一部分油墨在印版的图文部分上, 起到保护图文基础的作用。这个保护作用不可没有, 也不可低估。

(6) 由橡皮布到承印物 印迹墨层由橡皮布向承印物转移, 必须满足如下条件:

- ① 橡皮布和承印物之间压力均匀且合理;
- ② 承印物本身吸墨性能要良好, 有足够的强度和适当的弹性, 表面光滑, 厚度均匀。通常, 疏松的纸张具有较好的吸收性, 而且这种吸收性和被吸入物的稀稠、黏度存在一定的比例关系。黏度越小, 油墨越稀则渗入纸张内越快越多。

4. 平版印刷特点及发展趋势

(1) 平版胶印的特点 平版胶印的工艺特点, 主要有以下几点。

① 利用油水不相混溶的自然规律 油、水不相混溶是自然规律，到处可以见到。荷叶、荷花出污泥而不染。鸭子、水獭等喜水的禽兽，入水而不沾湿皮毛，都是利用油水不相混溶的自然规律。油、水不相混溶的规律，也是胶印的基本规律。

② 利用液体和固体之间具有选择性吸附的规律 采用各种不同的固体材料，利用它们对水和油具有选择性吸附的性质——不同的润湿性质，有目的地用作版材、传墨印刷表面或传水润湿版面。随着电镀工业的发展，通过镀膜，使不同表面或同一面构成亲油或亲水金属膜层。由于化学工业的发展，越来越多的优良的高分子聚合物可被利用作为固体的材料，或者在金属表面涂布膜层，改变固体表面的润湿性质。

平版印刷是利用油和水不相混溶，油、水对不同的固体表面具有选择性吸附能力的两个自然规律，通过技术处理，用以制作在同一平面的印版上亲油疏水的图文部分和亲水疏油的空白部分。印刷中，先用水润湿版面，使空白部分不吸附油墨，然后再涂布油墨，使版面只有图文部分吸附油墨，从而达到转印的目的。

③ 网点成色 以色光理论作指导，运用网点重叠、并列的手段，以三原色或三原色加黑（四色）的理论，通过分色，把图画的色彩分解成网线角度不同的黄、品红、青、黑四种色版，然后用四色印版套印再现出众多的色彩，获得色彩丰富的艺术复制品。

④ 间接印刷 胶印印版上的油墨不直接传递到印张上，而是先通过中间弹性滚筒。滚筒表面所包覆的是亲油、吸墨性好的橡皮布，利用它的亲油、疏水特性，用以充分地传递油墨，并限制水分的传递。此外，橡皮布及其弹性衬垫物的高弹性能使滚筒之间在仅有较小压力和压缩形变的条件下，印得结实而扩大率小的印迹。

⑤ 多色套印 胶印的主要任务是印制彩色图画，多色套印是胶印工艺的又一特点。由于套印要求十分严格，而胶印机具有精确的规矩定位机构，从而保证了产品的内在质量。

⑥ 用水润版 胶印工艺的另一特点是在印刷过程中对印版先供水，后供墨。

胶印的润版用水并非纯水，而是由电解质、亲水胶体及表面活性剂等组成的润湿溶液。因为版面空白部分在印刷过程中始终在遭受着物理性及化学性的破坏，原有的亲水性可能削弱，如果该区域的水膜不完整，油墨就有可能在其表面吸附。

为了有助于水膜的完整，在印刷中必须对印版版面施加润湿，使版面的空白部分的亲水性质得以持续稳定。

（2）平版胶印的发展趋势 胶印能以较小的压力，在各种平面承印物上印取结实、柔和的印迹，更有利于印刷大面积的彩色图画。由于胶印机具有速度快、印刷周期短、印品质量好、色调丰富等优点，目前胶印印刷在印刷工业中所占比例大大超过了其它印刷方式。随着印刷技术不断提高，胶印机也不断完善，向高速、多色、自动化方面发展很快，品种规格多样化，产品质量和自动化程度也不断提高，达到了新的水平。特别是在文字和图像制版方面，采用了激光照排、电子分色和桌面彩色出版系统以来，大大缩短了印前的作业准备时间，为迅速发展胶印机创造了有利条件。

胶印机属圆压圆轮转机型，分单张纸胶印机和卷筒纸胶印机两大类。其规格一般按印刷幅面大小划分，所承印的材料有纸张、纸板、金属箔、金属薄板等。单张纸胶印有单面和双面印刷，卷筒纸胶印大都采用双面印刷。

胶印的发展趋向是：胶印机逐步向高速、多色、全自动以及电子遥控方向发展。除单色胶印机以外，还将增多四色、八色……的超高速胶印机。平凹版被 PS 版所取代。高效率、分色效果好的电子分色机日渐普及，而且功能越来越全。自动烤、晒机也日渐增多。油性油

墨已被亮光快干树脂油墨所取代，且已生产适宜于四色机使用的快固着油墨，以及适用于卷筒纸机进行高速印刷的低黏度油墨。

四、无水平版胶印

无水平版胶印是在平版上用斥墨的硅橡胶层作为印版空白部分，不需要润版，用特制油墨印刷的一种平印方式。

1. 无水平版胶印的研制

自平版胶印出现以来人们一直被水、墨平衡所困扰。在高速下实现理想的水墨平衡，在技术和操作上都存在很大难度，使用润版液给印刷带来不少不良影响，比如影响印品的干燥速度，加速油墨乳化，降低印品浓度，使印品失去光泽，纸张变形加大影响套准精度，加速印版磨损降低印版耐印力，使墨层厚度的控制更加复杂化等。因此，促使人们着手无水平版胶印的研究与开发。另一方面，近 20 多年来，PS 版印刷已实现了自动化、省力化和高速化，加之印刷材料的高质量化，基本上达到工艺定型、设备先进、材料优良的技术水平。就世界范围看，在工业发达国家 PS 版印刷的发展达到稳定状态，在几种主要印刷方式中 PS 版印刷所占比例也趋于平衡，各国都在寻求包括无水平版在内的各种印刷方式。由此可以看出，无水平版胶印已开始进入推广阶段。

无水平版胶印与普通 PS 版胶印相比有以下主要特征：

- ① 印版的图文部与空白部分基本上在同一版面上，是平版印刷的一种，属于平凹版；
- ② 经橡皮布的转印完成油墨转移，属于间接印刷方式，保留了胶印的长处，印品质量较好；
- ③ 用排斥油墨的硅胶层作为印版的空白部，故取消了润版液，而印版的图文部分仍为亲油性良好的感光层。

由于取消了润湿装置，操作性能有了显著提高，适合于印刷伸缩性较大或非吸收性的承印材料，因此，可在包装印刷中得到广泛推广。

2. 无水平版的结构及印版制作

无水平版有阴图型无水平版和阳图型无水平版两种型式。

(1) 阴图型无水平版

① 印版版材的结构 阴图型无水平版版材的结构如图 9-17 所示。

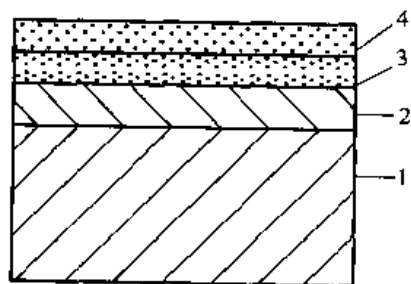


图 9-17 阴图型无水平版版材的结构

1—版基；2—重氮感光层；
3—胶合层；4—硅胶层

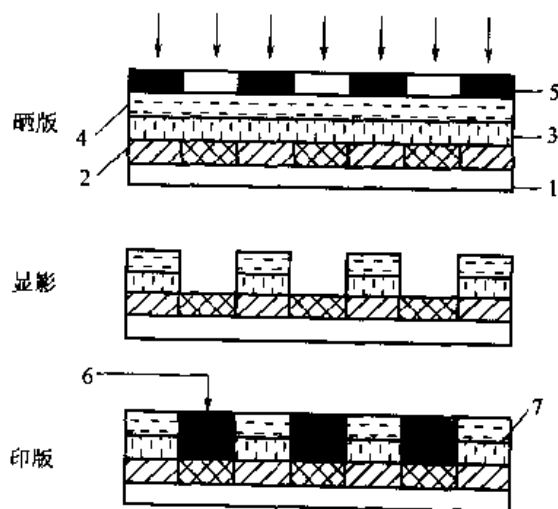


图 9-18 阴图型无水平版制版工艺流程

1—版基；2—感光层；3—胶合层；4—硅胶层；
5—阴图片；6—油墨；7—抗墨层

印版版基采用铝板，版基厚度一般为 0.13~0.30mm。在版基上首先涂布重氮感光层，感光层与 PS 版基本相似。为使重氮感光层与最外层进行黏合，在重氮感光层上涂布胶合层，胶合层为感光性重氮化合物。最外层为硅胶层，由硅氮烷组成，通过硅橡胶硬化或进一步聚合而成，其本身就具有很好的抗墨性，所以印版的空白部不用着水也能进行印刷。

② 制版 无水平版制版工艺流程与 PS 版基本相似。无水平版版材表面呈浅蓝色，版面上覆盖有透明的玻璃纸保护层，晒版时应先将其剥离。版材表面与阴图处密附，用紫外线光源进行曝光，如图 9-18 所示，然后进行显影，用水冲洗并干燥后，即可制成平版。为了保护版面，应用玻璃纸覆盖版面。

③ 印刷 首先将印版装于印版滚筒上，然后将保护层揭下，用软纱布抹上专用清洁剂轻轻擦拭版面。对于橡皮布没有特殊要求，采用一般平版胶印用橡皮布即可。印刷压力与 PS 版相同。滚筒衬垫为中性衬垫。

(2) 阳图型无水平版 阳图型无水平版胶印目前应用比较广泛，以日本东丽无水平版为例说明其版材的结构（见图 9-19）及制版工艺过程。

① 版材的结构 版基为铝板。在版基表面涂布白色底涂层，目的是增加感光层与版基的结合力。在底涂层上涂布感光液，是形成印版图文部的基础。感光层上的硅胶层是由二官能团和三官能团的有机硅单体经水解、缩聚而成的网状有机硅高分子材料，是构成印版空白部的基础。在硅胶层上压合透明保护膜有如下作用：

- a. 曝光前保护版面；
- b. 将保护膜经凹凸加工，以提高阳图片的真空密附性；
- c. 隔断氧气，以促进感光层的光聚合。

② 制版工艺 东丽无水平版制版工艺流程如图 9-20 所示。

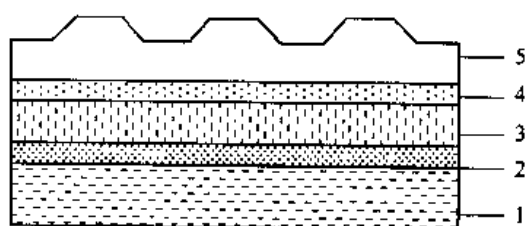


图 9-19 日本东丽天水平版版材结构

1—版基；2—底涂层；3—感光层；
4—硅胶层；5—保护层

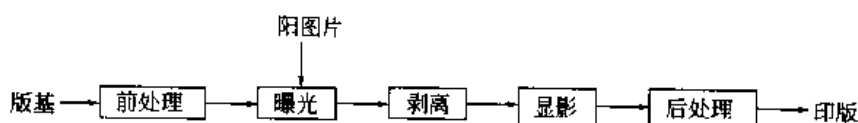


图 9-20 阳图型东丽无水平版制版工艺流程

a. 曝光 如图 9-21 (a) 所示。将阳图片与保护膜密附，进行曝光。所用光源为金属卤化灯、超高压水银灯。光源的光谱波长范围为 350~420nm。曝光后，版材受光部分的感光层因吸收光谱而产生光聚合反应退色，同时与上层的硅胶层产生光粘接，形成版面空白部分；未受光部分的硅胶层产生膨润而浮凸。

b. 剥离保护膜 曝光后剥离保护膜，版面的构成如图 9-21 (b) 所示。

c. 显影 一般采用刷滚式显影机进行显影。显影时，先用显影液浸湿版面，以降低硅胶与感光层的接合力，然后用刷滚进行显影，清除图文部的硅胶层，露出版面图文部的着墨感光层，如图 9-21 (c) 所示。所用显影液以聚丙烯乙二醇或聚乙烯乙二醇为主要成分。

d. 后处理 显影后应进行染色处理，以便于检查印版质量，如图 9-21 (d) 所示。最后即得到所要求的印版。

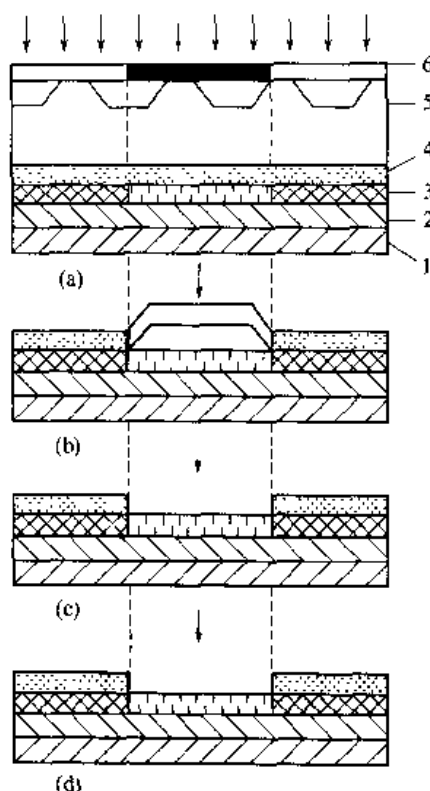


图 9-21 阳图型无水平版型制版过程

1—版基；2—底涂层；3—感光层；
4—硅胶层；5—保护层；6—阳图片

e. 印刷版 印版的空白部分为斥墨的硅胶层，图文部分为仅低于硅胶层表面 $2\mu\text{m}$ 的感光层，所以这种印版属于平凹版。

3. 无水平版印刷机理

一般的 PS 版印刷是靠水、墨互斥原理以及版面具有选择性吸附能力来完成油墨转移，印刷时不仅有水、墨平衡的变化，而且还必须先向版面提供润版液，使版面空白部先形成斥墨的水膜，然后才能给墨，否则版面的空白部也会吸附油墨。

无水平版摆脱了水、墨平衡的矛盾，在版面上形成两种不同性质的表面。图文部的吸墨性是靠感光层对油墨的吸附能力来实现的，而且图文部低于版面，有较厚的墨层，但空白部的硅胶层表面为什么会排斥油墨呢？对这一问题曾有不同解释。若从硅胶层与油墨层在接触过程中的物理特性加以分析是有道理的。

印刷过程是油墨层与版面空白部的硅胶层不断接触而又不断分离的过程，其实质应从油墨中连结料的树脂、溶剂及版面的硅胶层三者的关系加以分析，如图 9-22 所示。

当油墨层与硅胶层一接触，油墨中的溶剂很快向硅胶层中扩散、渗透[见图 9-22 (a)，图 9-22 (b)]，从而使硅胶层表面膨润，其结果在二者接触面之间由溶剂形成溶剂层[见图 9-22 (c)]，当连续印刷时，油墨层必然与硅胶

层表面分离。由于油墨层内部的油墨内聚力大于溶剂层内部的溶剂内聚力，所以，分离时肯定是沿溶剂层内部分离，即通过界面溶剂层的破坏与分裂来实现油墨层与硅胶层的剥离，如图 9-22 (c) 所示。因此，硅胶层表面不会直接吸附油墨。

4. 油墨的特性及组成

(1) 油墨的特性 无水平版胶印油墨应具有特殊的流变性。一方面油墨应具有较高的内聚力，以保证在印刷过程中油墨层能充分剥离。另一方面，油墨层在分离时，对空白部的硅胶层表面的附着性要低，不能残留在硅胶层表面的界面溶剂层上。因此，要求无水平版胶印油墨应具有较高的黏度和较低的黏性，同时，在保证油墨传递性良好的条件下，选用高触变性能的油墨。

(2) 油墨的组成 无水平版胶印油墨在组成上虽然与 PS 版印刷油墨基本相同，但在树脂和溶剂的选择上应有特殊要求。

① 树脂 选用高分子量树脂，如内部可塑化松香改性酚醛树脂和石油树脂等。另外，为了改善油墨的润湿性能，还可加入一定量的低分子树脂，如天然松香脂等。

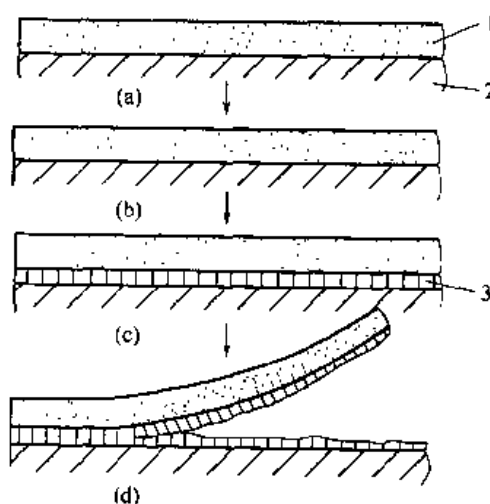


图 9-22 无水平版胶印机理

1—油墨层；2—版面的硅胶层；
3—界面溶剂层

② 干性油 油墨中所用干性油主要有聚合亚麻仁油、亚麻仁油醇酸树脂。

③ 溶剂 采用石油溶剂系溶剂和 α -烯烃类溶剂。可以认为, 高分子树脂的开发和 α -烯烃类溶剂的使用, 对提高无水平版胶印油墨的印刷适性起了重要作用, 使油墨变为软质油墨, 在印刷过程中, 即使印版表面的温度达到 38°C , 也不会产生起脏故障, 从而获得稳定的印品。

5. 印刷

(1) 无水平版胶印的特点

① 版面的温升 对于 PS 版印刷, 因为有润湿水的冷却作用, 所以版面的温度不会有大的提高。对于无水平版来说, 在印刷过程中取消了润湿装置, 版面的温升过高是一个较为突出的问题, 如果版面温度超过 38°C , 就无法正常印刷。因此, 必须在应用中采取有效措施, 降低版面温度, 将版面的温升控制在合理范围内。

通常, 将胶印机的串墨滚改装为冷却滚, 即有循环冷却水在串墨滚内通过, 可降低版面温度。实践证明, 这种冷却系统可以得到较好的效果, 图 9-23 为单张纸胶印机在 9000r/h 的印刷速度下, 开印 3h 内版面温度的变化情况。

最近, 在卷筒胶印机上也进行了无水平版胶印的开发, 不仅研制出无聚硅氧烷化合物的专用油墨, 而且在各色机组的输墨装置中增加了冷却循环系统。

卷筒纸无水平版胶印机主要适用于布纹印刷以及非吸收性卷筒材料的印刷。

② 印刷压力 由于无水平版胶印不用润版液, 所以不会发生油墨的乳化。但是, 因印刷过程中没有润版液对版面的修补作用和清洗作用, 因此, 也会产生起脏故障, 为此, 无水平版胶印的印刷压力应低于 PS 版印刷。

③ 印刷效果 无水平版胶印没有润版液的影响, 网点变形较小, 从综合性能指标分析, 其网点的再现性和阶调再现性都优于 PS 版印刷, 印刷质量比较稳定, 印品质量较好。

PS 版印刷从开印到水墨平衡需要一个过程, 其损纸率较高。采用无水平版胶印, 很快就可达到稳定印刷状态, 其损纸率可减少 $30\%\sim 50\%$, 印刷成本较低。

④ 油墨的使用范围 PS 版印刷必须使用颜料型油墨, 而无水平版胶印, 因没有油墨中水的溶出, 不会与水产生反应, 所以, 除可使用颜料型油墨外, 也可使用染料油墨以及荧光油墨、金油墨、银油墨等特种油墨。

⑤ 印刷环境 无水平版胶印没有润版液中异丙醇的蒸发, 印刷环境得到了改善。

⑥ 印刷机的改装 无水平版胶印可以在一般胶印机上进行改装, 只要解决了印版和油墨问题, 就可在较大范围内进行推广。总之, 无水平版胶印的使用与推广具有重要意义。

(2) 无水平版胶印的优点

① 网点再现性好 175 线或 200 线高光部分 2% 的网点和暗调部分 98% 的网点都很好地再现, 无水胶印从 2% 到 98% 的网点再现率为 96% , 而 PS 版从 5% 到 95% 的网点再现率为 90% 。

② 墨色一致, 光泽度好 无水胶印因不受润版液对油墨乳化的影响, 印品光泽度好。

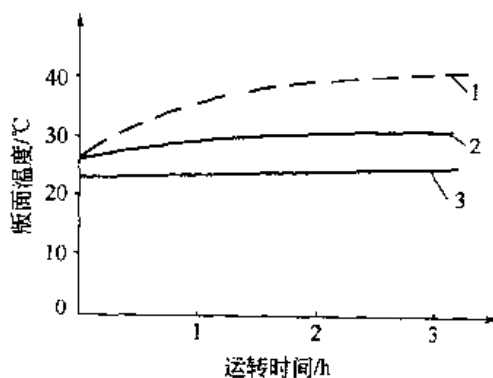


图 9-23 版面温度的变化

1—不加冷却系统版面温度变化曲线;

2—加冷却系统版面温度变化曲线;

3—室温变化曲线

印品干燥，墨层厚实，色彩鲜艳。

③ 调子再现性好 特别是暗调的细微层次能很好地再现出来，而且能印刷 300~500 线/in，甚至可达 600 线/in 的精细高质量的印刷品。

④ 网点扩大率小 因无水胶印没有润版液的影响，所以网点扩大率只有 7%，而 PS 版网点扩大率为 15% 以上。

⑤ 套印准确 无水胶印由于无润版液的影响，所以不会造成纸张伸缩现象，从而保证了印品的套印准确。

⑥ 无水胶印版的耐印率高 单张纸胶印机可达 10 万印以上。日本东丽公司 (TORAY) 的 HG3 型阳图版可达到 40 万印，新的 DG5 型阳图版可达到 100 万印。

⑦ 印版起印快，可节省试印纸 40% 以上 因无水胶印没有调整水墨平衡的过程，因而试印十几张后，即可正式开机印刷。

⑧ 操作方便，印刷效率高 无水胶印彻底解决了由于水墨平衡这一多变因素给操作者带来的麻烦和对产品质量的波动，操作极为方便。减少了由于水墨平衡波动造成的大量调整和停机时间。无水胶印比 PS 版胶印的生产效率提高 130%~150%。

⑨ 节省材料消耗 印刷机可省去润版系统，同时可节省大量的醇和保护胶。

⑩ 减少环境污染 无水胶印由于不再使用润版液，使环境得到了保护。随着全球保护生态环境的呼声日益高涨，无水胶印越来越为印刷界所重视。

第三节 凹版印刷

一、凹版印刷原理

凹版印刷属于直接印刷，印版图文部分凹下且深浅不同，空白部分凸起并在同一平面上。

印刷时，先使整个印版表面涂满油墨，然后用特制的刮墨机构，把空白部分的油墨去除干净，使油墨只存留在图文部分的网穴之中，再在较大的压力作用下，将油墨转移到承印物表面。凹版印刷的印刷原理如图 9-24 所示。

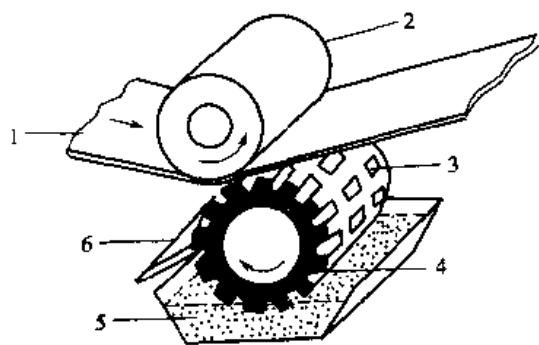


图 9-24 凹版印刷原理示意

1—纸；2—压印滚筒；3—图像；4—印版滚筒；
5—凹印油墨；6—刮刀

除了手工雕刻凹版以外，一般凹版的图文部分都是由大小、深浅不同的凹孔组成的。凹孔内贮墨量的多少，决定了印刷品的层次和密度。凹孔之间的部分称为“网墙”，它除了分隔凹孔外，还起着支撑刮墨刀的作用。当图文部分的面积较大时，网墙可以防止刮墨刀在压力作用下弯曲，而刮去图文处的油墨。

凹印过程中的油墨转移，主要是借助于毛细现象而完成的。印版与承印物脱离接触的瞬间，在凹孔上方偏向压印区处产生了一个小的间隙。由于毛细管的作用，凹孔内的油墨会上升到承印物的表面。同时，凹版版辊在印刷时作旋转运动，离心力也使得版辊表面的油墨加速转移。而在与压印滚筒接触以前，毛细现象则使得油墨能够克服离心力，附着在凹孔内。

由于凹版版面的特殊结构，与其它印刷方式相比，凹版印刷具有以下特点。

① 墨层较厚 凹印的墨层厚度为 $1\sim 50\mu\text{m}$ ，仅次于丝网印刷 ($15\sim 100\mu\text{m}$)，大大高于凸印 ($2\sim 6\mu\text{m}$) 和平印 ($1\sim 4\mu\text{m}$)。密度变化范围大，层次丰富，立体感强。

② 其它印刷方式的网点之间的区域是空白的，而凹印的网点之间则涂有一层薄薄的油墨，这是由于凹印油墨流动性强造成的。因此，凹印的层次细腻，适合于表面连续调。

③ 凹印使用可拆式版辊，版辊周长允许变化，可适应不同成品尺寸的印品。

④ 版辊表面镀铬后，版面光洁、质地坚硬，其耐印率高于其它印刷方式。适合于大批量印刷和再版印刷，且版辊可长期保存。

⑤ 应用范围广泛。通过选用不同的油墨，可在纸张、塑料薄膜、纺织品，铝箔、玻璃纸等各种材料上进行印刷。

⑥ 制版工艺复杂，不稳定因素多，周期长，费用高。腐蚀和镀铬废液会造成公害。

⑦ 印刷过程中油墨溶剂易挥发，对环境有污染。

二、凹印版

凹印制版问题始终是凹印技术的关键之一，它的改进与提高直接影响和带动着凹印技术的发展。继电子雕刻机之后，人们又相继开发了胶/凹转换，电子文字与图像处理（印前系统），铜质、塑料或光聚合物的薄卷筒及鞍形印版、激光雕刻等一系列新技术与装备。

1. 凹印印前系统简介

自 20 世纪 80~90 年代，随着印前处理系统（CEPS）问世，桌面出版系统（DTP）的诞生，数字化技术渗透到凹印领域，凹印的印前工程步入了巨大的技术革新时期。从 20 世纪 90 年代中期开始，数字化环境已经较完善，与此同时，不仅照相部门，包括利用雕刻法和腐蚀法制凹版滚筒部门在内的整个凹印印前工程都已取得了非凡的进步。

数字化使无胶片制版变为现实，加上滚筒装卸的自动化，实现了完全的无人操作。原稿图文数据也都可通过网络传输，使包括营业活动在内的一切企业活动都进入了变革时期。

（1）版面设计和原稿的数字化 许多用户在版面设计部门引用了苹果电脑，使包装版面设计工作进入了数字化进程，以纸质原稿来发稿的情况有所减少。1998 年起，美国、日本等国以包装为中心的凹印制版公司原稿的数字化程度大为提高，大多数用户都将提供数字化的原稿。

数字化原稿也带来了一些问题，例如，应用软件和使用软件的匹配问题，以及将彩色版样当作色样的问题依然存在。随着版面设计者与制版者之间技术交流的增多，这些问题逐步改善。总的说来，数字化带来的种种好处已被人们所认识。

（2）图像处理系统 在出版印刷方面，凹印印前图像处理系统几乎都是采用以苹果机为主的 DTP 系统，也有一部分采用赛天使等公司的 CEPS。在包装方面，印前图像处理系统大多采用能够适应专色处理、适应凹印需要的系统。凹印印前工作流程如图 9-25 所示。

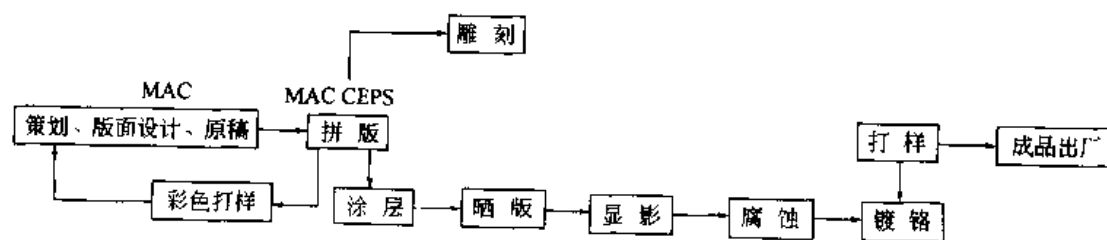


图 9-25 凹印印前工作流程

2. 凹印版的分类

按照不同的制版方法，凹版可以分为雕刻凹版和腐蚀凹版两大类。其中，雕刻凹版可以分为手工雕刻、机械雕刻和电子雕刻三种；腐蚀凹版也可以分为照相凹版、照相加网凹版和“道尔金式凹版”三种。

另外，手工雕刻凹版中，用雕刻法制作的有直刻凹版、干点凹版和网目凹版；用腐蚀法制作的有蚀刻凹版和撒粉凹版。同样，机械雕刻凹版中也有雕刻与腐蚀两种制作方法。

(1) 照相凹版 照相凹版（即影写版）是把连续调底片的图像曝光到已敏化处理的、且晒有网格的碳素纸上，然后过版到铜滚筒表面，经显影、腐蚀制成凹版，其工艺流程如图 9-26 所示。

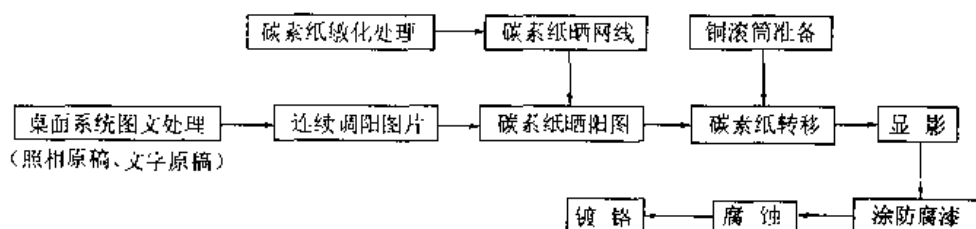


图 9-26 照相凹版制作工艺流程图

① 凹印版滚筒的准备 凹版滚筒是圆筒状空心筒体，表面镀较厚的铜底层，用浸“银化溶液”的刷子在铜底层表面均匀地涂刷一层“银化溶液”，然后进行外层薄铜层的电镀。

镀铜结束后，经研磨、抛光等加工即完成滚筒准备工作。

② 阳图片的制作 照相凹版原稿必须是阳图片。首先将原稿拍成阴图片，经过必要的修正后，翻晒成阳图片。如果是彩色原稿，则必须先制成分色阴图，再翻晒为分色阳图。

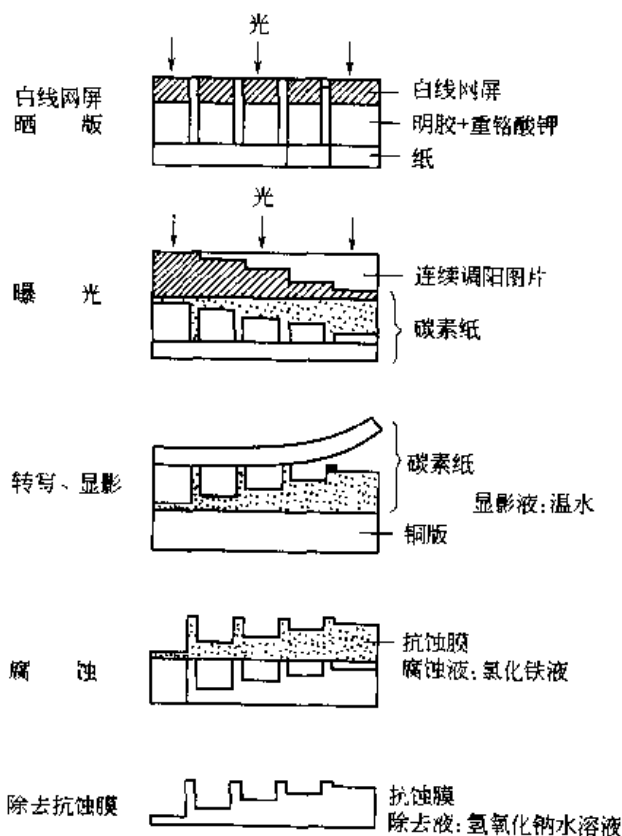


图 9-27 碳素纸晒制凹版工艺

③ 修拼版 拍摄的阴图底片和用阴图底片翻拍或拷贝成的阳图底片，都需修版工序进行修整。最后用修整好的阳图底片拼制成可供晒版使用的、符合印刷规格的晒版阳图片。为了检查拼排的正确与否，要在晒碳素纸之前，先晒蓝图进行校对。

④ 碳素纸晒制工艺 把连续调阳图底片的图像曝光到已敏化处理且晒有网格的碳素纸上，然后过版到铜滚筒表面。经显影、腐蚀制成凹版的过程为制版工艺，如图 9-27 所示。

碳素纸要先放在重铬酸盐的溶液内浸润一下，使它具有感光性能，即碳素纸的敏化处理。待胶面干后，就可在碳素纸上晒网格。晒碳素纸时，将白线网屏和碳素纸的感光面密合曝光，曝光时间与硬化胶膜的厚度成正比。

凹版印刷时用刮墨刀刮掉空白部分的油墨。如果着墨部分的面积大，则刮刀不

仅刮掉了空白部分的油墨，同时也要刮走一部分图文部分的油墨。为了防止这种现象的发生，在不影响图像层次转移的情况下，需用玻璃白线网屏在碳素纸上晒网格。晒网格是用白线网屏在碳素纸上晒制网格，经过版、腐蚀操作，在铜滚筒表面形成支撑凹印刮墨刀的网墙，如图 9-28 所示。

晒网格的结果，使印版的表面形成了交织的网格体系，这些网格中分布着凹下的着墨部分，在印刷时填满油墨，这些着墨孔的面积大小在印版上是相同的，但它们的深度则因画面阶调的深浅而有所不同。用这样的凹版印出的产品，其画面是由同样面积、但厚度不同的点子所组成。

在碳素纸上晒上网纹之后，即可放在晒版机内与阳图底片贴合，进行晒版。

⑤ 晒阳图 将拼好版的阳图安置于晒版架内，覆盖于碳素纸上，抽气密合曝光。碳素纸上的感光胶膜经过光的作用后形成图像。

⑥ 碳素纸的转移（过版） 将由阳图片在碳素纸上晒得的图像翻转凹版滚筒表面（分干式转移法和湿式转移法两种）。碳素纸转移到印版滚筒表面后，应立即进行显影。

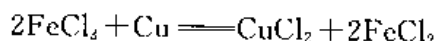
⑦ 显影 将黏附着碳素纸的滚筒，置于 32~45℃ 的热水槽中，轻轻旋转，进行显影处理。

显影刚开始时，水先渗透纸的背面，接着吸收水分，待纸基和胶膜脱离，胶膜继续大量吸收水分，未感光的胶膜全部被溶解，只留下感光硬化的胶层。最后用棉花蘸热水，轻轻擦拭感光膜的边缘，若棉花上无颜色，说明显影已到终点。显影时间一般为 15min。

显影完毕，降低滚筒温度，然后喷浇酒精，用热风使其干燥，再用耐腐蚀的沥青漆涂抹滚筒上不需要腐蚀的地方。

⑧ 腐蚀 采用三氯化铁为腐蚀液，腐蚀液透过硬化的抗蚀胶膜，使铜外层溶解的过程称为腐蚀，习称烂版。腐蚀过程为：

- a. 硬化了的胶膜在不同浓度的三氯化铁溶液的作用下逐渐膨胀；
- b. 渗透胶层的三氯化铁溶液与铜直接接触，发生化学反应



一般先采用稀溶液，随后不断增加溶液的浓度，以控制化学反应的速度，以及图文的层次、反差、腐蚀深度等。反应的结果是版面图文部分的铜层被腐蚀出深度不同的、凹下的着墨孔，制成用于印刷的凹版印版。

照相凹版的印版滚筒经腐蚀后，暗调部位凹下的深度约为 0.08mm，中间调部位凹下约 0.01~0.05mm，高光部位凹下约 0.006mm。腐蚀完毕，要用清水冲洗版面，再用汽油润湿版面上的沥青漆，用软毛刷刷拭。然后用冰醋酸加食盐擦洗版面，除去残余胶膜。最后用稀释的氢氧化钾溶液和水冲洗版面，除去版面上的油脂。

⑨ 镀铬加固 如果印量很大，就有必要在滚筒上再镀一层铬，以提高凹版滚筒的耐印力。镀铬电解液的主要成分有铬酸酐（CrO₃）、硫酸（H₂SO₄）。

这种制版方法存在以下主要缺点：

- a. 制版工艺复杂，大多是手工操作，很难实现数据化控制，制版成本较高；
- b. 使用碳素纸过版，印版精度不高，不能印刷高档彩色印品；
- c. 不能实现无缝制版；



(a) 无网墙印刷时可能出现的故障



(b) 网墙支撑刮墨刀的作用

图 9 28 网墙在凹版印刷中的作用

d. 在技术上不够稳定, 要求较高的操作技能。

为了克服上述不足, 已进行了各种试验与改进, 并取得一定效果, 所以目前彩色凹印制版还占有一定比例。对于印刷质量要求不高, 或对窄幅面的聚乙烯承印材料印刷, 若没有接缝或接缝较少时采用这种凹版还是可取的。但是, 从整个发展趋势看, 普通照相凹版应逐渐被淘汰。

(2) 照相加网凹版

① 照相加网凹版 照相加网凹版在包装装潢印刷中应用较为广泛, 它不同于普通照相凹版。首先加网凹版不使用碳素纸。它的制版工艺过程是直接在匀速旋转的凹版滚筒表面, 用喷枪喷涂一层均匀的感光胶液, 随后将滚筒版面上感光胶层烘干形成薄膜, 再用网点阳图与它密合进行晒版。网点阳图的曝光是在专门设计的旋转晒版机上进行的。把网点阳图卷在凹版滚筒上, 一边转动滚筒, 一边使滚筒版面的感光胶膜从贯穿整个滚筒轴向长度的缝隙中通过, 接受曝光。胶膜受光部分硬化, 不受光部分不会硬化。晒版后要对滚筒版面进行显影, 用显影液将未感光硬化的胶膜除掉, 而感光硬化的耐腐蚀胶膜留在版面上。

照相加网凹版也不用三氯化铁溶液的手工腐蚀方法, 而是将显影后的滚筒放入电解腐蚀槽中, 用氟硼酸电解腐蚀法进行电解腐蚀, 电解腐蚀就是把不同大小的点子组成的图文部分通过电流进行腐蚀。用三氯化铁溶液腐蚀成的照相凹版墨孔深浅随画面阶调浓淡而异, 墨孔本身大小一致。而电解腐蚀法制成的凹版不仅网点有大小之别, 而且有深浅之差。其突出优点是层次丰富。它还有制版速度快、无毒, 腐蚀时间可自动控制, 质量较好, 腐蚀了的铜可以回收, 凹版滚筒不受损, 可反复使用等优点。

照相加网凹版是在凹印铜滚筒上直接喷涂感光胶, 经晒版、腐蚀制成的凹版。其特点是用网点的大小来表现不同的阶调与层次。这种照相凹版目前得到广泛应用。制版要点是, 印版滚筒经预加工后, 在滚筒表面涂布感光液, 用加网阳图片晒版, 然后用溶剂显影并用水冲洗硬膜, 待其干燥后用氯化铁溶液进行腐蚀。主要工艺流程如图 9-29 所示, 滚筒预加工与普通照相凹版相同。

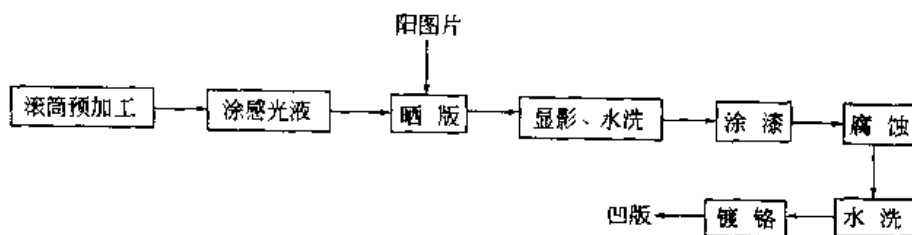


图 9-29 网点照相凹版制作工艺流程

a. 磨版 磨版的目的是清除滚筒表面的油脂、氧化层等, 使感光液能均匀牢固地吸附在滚筒上, 磨好的滚筒表面应洁净光滑、纹路一致。

b. 涂布感光液 涂布感光液一般由专用涂布机进行。控制感光液的喷射速度或印版滚筒的转速可调节滚筒上感光层的厚度。感光液喷射速度的均匀性和滚筒转速的均匀性决定感光层厚度的一致性, 由涂布机的制造精度加以保证。

涂布后应快速干燥, 一般采用远红外线加热装置进行烘干。

c. 晒版、显影和水洗 由专用晒版机进行晒版。晒版前, 在印版滚筒表面先涂布少量的液体石蜡, 以增强阳图片与滚筒表面的密附性, 然后将印版滚筒装于晒版机上并与阳图片

密附，打开光源，即可进行曝光。一般以氙灯为光源，通过控制滚筒的转速来调整曝光时间。

曝光后，将滚筒置于显影槽内进行显影。显影时，滚筒正、反转旋转，使未曝光部的感光层充分溶解露出滚筒面铜层，以备下工序腐蚀。

显影后，进行水洗、干燥，然后将硬化的胶膜处涂漆。

d. 腐蚀与镀铬 腐蚀与镀铬工序与普通照相凹版基本相同，腐蚀深度为 $30\sim 40\mu\text{m}$ 。腐蚀后清除防蚀漆，用水清洗，最后进行镀铬。

照相加网凹版利用网点的大小表现画面的层次阶调，但网点百分比范围比较小，阶调比较短，用于包装印刷和报纸彩色凹印效果较好。

② “布美兰”自动制版系统 本系统于1982年由日本新克研究公司研制，是将上述制版工序进行自动化、数据化控制的新型制版方法。日本凹版制版厂共150家左右，每天约生产凹版5000根，其中90%采用“布美兰”系统制版，可见“布美兰”系统是日本凹版制作的主要形式。

该系统采用电脑控制搬运系统，用汽缸装卸滚筒，镀铜、腐蚀、镀铬等工序全部自动化，用电脑控制工艺过程。此外，本系统采用碱溶解性的感光胶，腐蚀液为氯化铜，可减轻公害。主要特点是：自动化程度高，操作比较简单；制版速度快，生产率高，只用几人操作每天可生产凹版20~30根；工作环境清洁，减轻了公害；腐蚀深度为 $15\sim 20\mu\text{m}$ 。本系统的不足主要是药品的管理比较复杂，废液的处理成本高，无缝制版效果不够理想。主要用于小批量、多品种、多用途的中档质量印刷的制版，在食品包装材料印刷中可得到广泛应用。

(3) 电子雕刻凹版 电子雕刻凹版是利用电子回路的雕刻机在铜滚筒表面直接雕刻出网点，制成凹版。按照原稿的深浅层次，凹版雕刻机的扫描头把它转换为大小不同的电信号，通过钻石刻针振动的强弱不同，在滚筒表面雕刻出深浅不同的网点。对应于原稿的光亮部分，网点既浅又小；而对应于原稿的暗调部分，网点既深又大。由于图像的层次再现是通过网点的大小和深浅的变化来达到的，所以电子雕刻凹版能够真实反映原稿的层次，用它印出来的图文非常清晰。

① 电子雕刻机工作原理 电子雕刻机简称电雕机，最基本的工作原理是光电扫描→数据处理→电子雕刻，如图9-30所示。

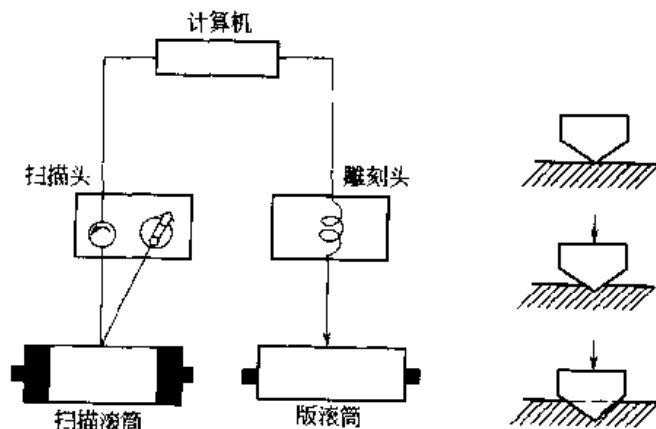


图 9-30 电子雕刻机工作原理示意

装有原稿的扫描滚筒在扫描头前方旋转，扫描头将记录原稿密度的光信号转化为电信

号,并以数字化的形式存储起来,通过雕刻部分的放大器控制并驱动雕刻头对印版滚筒表面进行雕刻。金刚刀雕刻头的刀刃形状决定着墨孔形状及传墨性能,切削角度一般为 140° 、 130° 、 120° 或更细。

原稿通常是阴图或阳图连续调分色片,也可是加网分色片(需附加胶/凹转换装置处理)。小幅面图稿可同时贴于扫描滚筒,每个扫描头对准一张原稿(可同时扫12张原稿)。

② 凹版网穴的形状、角度和网线数 化学腐蚀法形成的凹版网穴形状取决于加网网目的形状。方形网目形成方形网穴,菱形网目则形成菱形网穴……。方形网目形成的凹孔有利于印刷而被广泛使用。方形网线角度是 45° ,腐蚀形成方形凹孔也是 45° ,印刷时刮墨刀能平滑地刮过。凹版网孔的线数取决于网目的线数。方形网目线数一般为 50 线/cm、60 线/cm、70 线/cm 等。

电子雕刻法形成的凹版网穴是由雕刻刀形状、频率和滚筒转速来确定的。其形状分为三种,即方形网穴、菱形网穴和扁菱形网穴。方形网穴也称为标准型网穴,网穴角度呈 45° ;菱形网穴也称为延伸型网穴,其网穴角度呈 60° ;扁菱形网穴也称为扁平型网穴,其网穴角度呈 30° ,如图 9-31 所示。

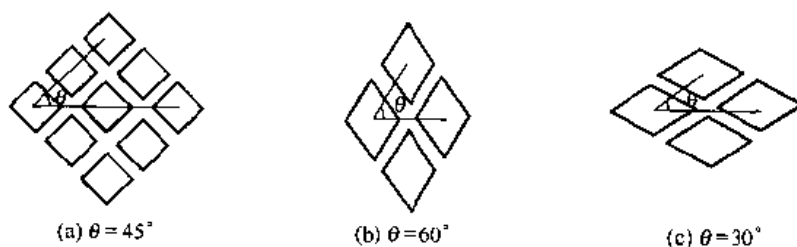


图 9-31 电雕网穴形状

目前使用的电子雕刻机雕刻网穴角度只能在 $30^\circ \sim 60^\circ$ 之间变化。电雕的网穴线数是由雕刻头石英振荡频率决定,常用的有 30 线/cm、40~60 线/cm、60~80 线/cm、80~100 线/cm 等,随着网穴角度的变化,垂直方向的网线数和水平方向的网线数也随之变化。

③ 通沟及其作用 网穴作为凹印版储存并传递油墨的载体,提高其储墨容量是改善印刷效果的重要途径之一。因此,通过增大暗调网穴宽度及高光网穴宽度,相应减小网墙尺寸,可以在一定程度上提高网穴的储墨容量。但是,减少网墙是有限的,因为小于 $4\mu\text{m}$ 以下的网墙是不现实的。此时需要在两个周向相邻网点之间引入纵向通沟(channel)。通沟在油墨转移过程中起着相当重要的作用。通沟的存在将使暗调网穴宽度减小,似乎对印刷效果起到负面影响,但实际上,通沟的存在使网穴纵向内角增大(见图 9-32),减弱了油墨与印刷版辊的结合力,有利于油墨转移,并且通沟使得周向网点得以连通,从而在两个周向网点之间形成鞍形结合部,这种结构使得印版储墨、释墨能力都得以提高。

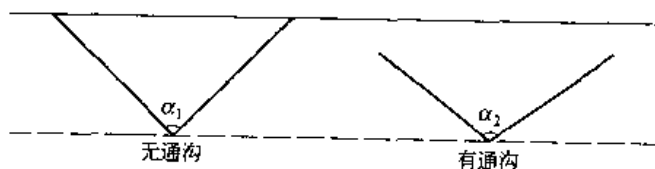


图 9-32 通沟使网穴内角增大 ($\alpha_2 > \alpha_1$)

由以上分析可以看出,在雕刻暗调、实地细小文字时设定一个合适的通沟参数是非常重要的,例如,网线为 90 线/cm 时,通沟一般设为 $30 \sim 32\mu\text{m}$ 左右为宜。

当网线数恒定时,当网角减小,暗调网穴宽度则随之增大,网穴深度相应增加,其结果是

网穴的容墨量增大,对于小文字的印刷是有利的,所以,在设定雕刻细小文字的工艺时,应多考虑使用压扁网点。但是,由于电子雕刻机的最小网角一般限制在 30° 左右,并且通过实践发现,网角低于 36° 时,雕刻出的网穴成形情况就不理想,将对印刷效果造成负面影响。

④ 无软片电雕凹版工艺

a. 无软片电雕凹版工艺的特点 目前,国内拥有电雕机的厂家大多采用的电雕工艺为

原稿 $\xrightarrow{\text{电分记录}}$ 胶片 $\xrightarrow{\text{雕刻}}$ 凹版滚筒

这一工艺存在着两大弊端。一是电子分色工艺中存在着一个不可避免的瓶颈环节——手工修拼版,它制约着高质量、高效率的生产运作。人工拼版、拷贝工序复杂、套准精度差、材料浪费大,质量和生产周期都受影响。二是电子分色的输出方式是记录分色软片,软片要经显影,这样就受到软片的质量、显影药液的浓度、温度及处理时间等因素的影响,造成许多中间误差。因此采用新工艺代替旧工艺已成为必然趋势。

采用无软片雕刻凹版系统后,工艺流程为

原稿 $\xrightarrow{\text{电分扫描}}$ 彩色图像文件 $\xrightarrow{\text{修拼版}}$ 整页图文文件 $\xrightarrow{\text{雕刻}}$ 凹印滚筒

与传统工艺相比较,省略了电分机输出分色片、电雕机扫描头扫描分色片的过程,所以解决电分机扫描数据与电雕机接口数据的匹配,保证雕刻图像的层次、阶调、色彩的正确复制,是整套工艺的关键部分。

b. 无软片电雕系统基本原理 本系统包括与网络连接的彩色整页拼版及无软片雕刻两个系统,该彩色整页拼版系统为与无软片雕刻系统配套增设了曲线校正软件和分辨率变换软件。采用此系统后,原来凹印制版工艺中的修版、拼版、照相、翻晒、显影等手工工序可完全由彩色整页拼版系统来完成,其结果为黄、品红、青、黑四个 TIF 格式文件。一般的彩色整页拼版系统是将这四个 TIF 文件返回电分机的记录部分输出软片,而在本系统中则将四个 TIF 文件经过适合于电雕机的层次校正及分辨率变换软件处理后,经网络传送给无软片雕刻系统,再经接口卡和适配卡送给电雕机,真正实现无软片雕刻。

c. 无软片电雕系统流程 系统构成如图 9-33 所示。电分机接口系统将电分机与整页拼版系统相连;电雕机接口与电雕机控制工作站构成无软片雕刻系统,并通过网络与整页拼版系统连接。

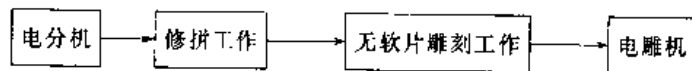


图 9-33 无软片凹印制版雕刻系统构成示意

电分机将彩色原稿,包括反射片、透射片、墨稿等进行扫描,将数据送入计算机,计算机使用各种软件如 Photostgler、Coreldraw, Cps 等对图片进行修版、色彩校正、层次校正、剪切等处理,图片拼贴、排字、分色均在拼版系统中完成,最终生成四个或多个分色文件,经由网络送到电雕控制工作站。

电雕控制工作站与电雕机一起完成雕刻工作。由电雕控制工作站调入要雕刻的色版文件,同时给出指定雕刻参数、网角、网线等,电雕机的计算机根据参数编制相应的雕刻程序,然后启动电雕机开始雕刻。电雕控制工作站根据电雕机的状态,自动将不同的分色文件数据送给雕刻头进行雕刻,直至完成全套凹版。

⑤ Ohio 电子雕刻系统 美国的 Ohio 公司在 OEE 型电子雕刻机的基础上进行了重要改进,采用数字预印技术,推出 Ohio 电子雕刻系统,使 OEE 电子雕刻机的功能得到扩充。

该系统的特点是，产品的设计以分离式结构和可塑性为原则，用户可以 Ohio 的基本系统为基础，根据需要逐步增设电雕机和图像处理设备，通过设计各种接口，有效地扩大了本系统的功能，以便与非 Ohio 产品联机。此外，本系统采用最新的工业标准进行设计与生产硬件、接口、操作系统、区域网络和数据交换系统，因此，Ohio 电雕系统具有极大的兼容性，便于用户灵活地选择与使用其它各厂家的产品与此系统相配套。

a. Ohio 电雕系统的基本构成 本系统的基本构成如图 9-34 所示。

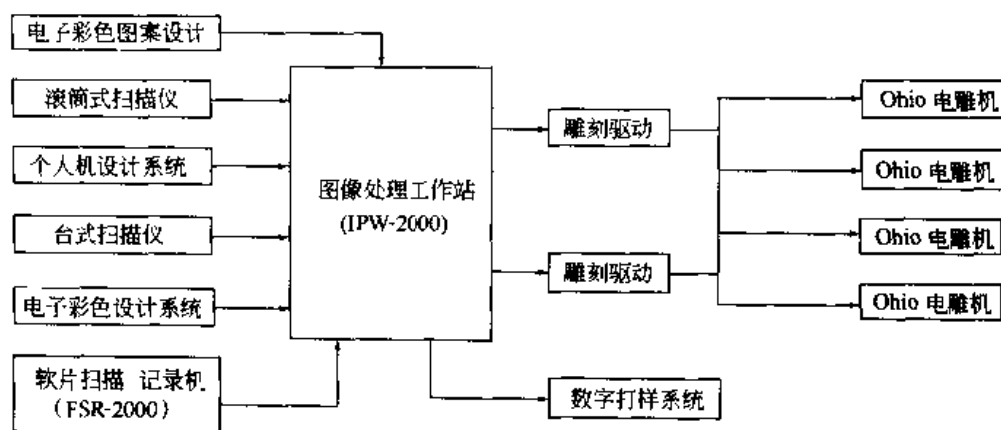


图 9-34 Ohio 电雕系统的基本构成

Ohio 电雕系统可使用多种输入，其中包括原稿、照相稿，台式电子计算机输入以及彩色预印系统输入等，而输出可直接用来雕刻滚筒，也可制作扫描软片和打样。该系统使用数字处理系统，通过区域网络或磁带制作、传送或储存产品设计。在进行凹版制作时，可使用分色软片制版，也可完全不用分色软片直接驱动雕刻机进行雕刻。

b. 无软片制版 Ohio 电雕系统的无软片制版工艺流程如图 9-35 所示。

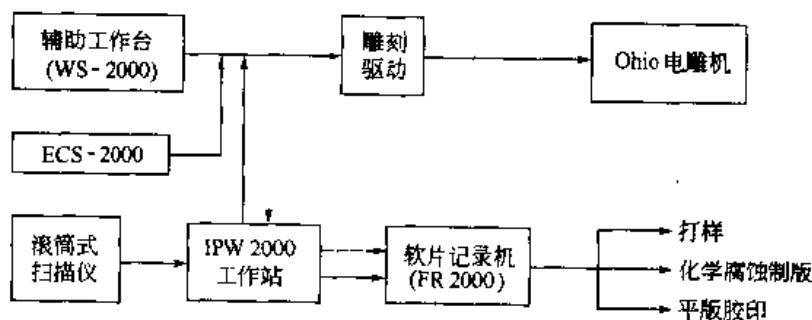


图 9-35 无软片制版工艺流程

① 辅助工作台 WS-2000 和电子彩色图案设计系统一起使用，可与 Ohio 现有的任何系统联机，直接驱动雕刻机进行凹版雕刻。

② 由滚筒扫描仪对原稿进行扫描，然后输入 IPW-2000 工作站，再经区域网络驱动雕刻机进行雕刻，就可实现无软片制版。

③ 由扫描仪将信号输入 IPW-2000 工作站后，再由软片记录机 FSR-2000 制成加网软片，或将 ECS-2000 的数字图像经由 IPW-2000 和 FSR-2000 转换成高质量的加网软片。所制软片可以作为打样和化学腐蚀制版或平版胶印制版使用。

④ 由于采用分离式结构设计，使得 ECS-2000 可以独立安装，将线条原稿分解成不同的图像，并以磁带、激光盘或软片的形式输出。

由此可见, Ohio 电子雕刻系统不仅可实现无软片电子雕刻凹版的制作, 而且还可代替电子分色机, 为照相凹版和平版胶印版的制作提供分色软片。目前, 这套系统正在各国推广使用, 我国也已经引进。当前, 美国 Ohio 雕刻机从 700 系列发展到 M820 系列, 完全实现了自动化。该公司在日本的合作者六樱商事又开发了 ELS 自动制版系统。它是将可以进出生产流程的滚筒搬运机并列于雕刻机侧若干台, 依靠自动搬运吊车在雕刻机上装卸。包括镀铜、镀铬在内, 被称作是“六樱全而凹印前工程系统”。

此外, 近几年来, 电子雕刻机的相关技术有了很大的发展, 包括 8000Hz 以上的高速雕刻头的开发, 自动检查切纹等的自动化功能, 控制雕刻系统的网络功能等。这些技术使夜间无人值守自动雕刻得以实现。

(4) 激光雕刻凹版 激光雕刻凹版是利用激光凹版雕刻机雕刻凹版滚筒, 其工艺流程如下。

首先对凹版铜滚筒全面腐蚀, 并使其表面形成传统的着墨孔, 孔深约为 $50\mu\text{m}$, 同时确定网格的角度和套印标识。接着采用静电喷涂工艺, 将特定配方的环氧树脂涂布在凹印滚筒表面, 然后进行热处理(使树脂固化)和研磨。热固的环氧树脂性能与铜基相似, 经研磨可使其表面平滑。以上主要是为激光雕刻做准备, 准备好的滚筒可长时间存放, 供随时雕刻制版之用。

雕刻时, 采用高功率的二氧化碳激光束扫描滚筒表面, 使表面的环氧树脂汽化。调整激光束的聚焦程度, 能使着墨孔达到所需的深度和大小。通过多次扫描, 使得最后雕刻出的着墨孔光滑清晰。在雕刻过程中, 滚筒以 1000r/min 的速度在一个床身上旋转, 激光束以 75mm/min 的速度横向扫描滚筒表面。雕刻速度为 10 万着墨孔/s。

滚筒雕刻完毕, 可用来进行打样或其它修版作业。直接雕刻出的滚筒适于短版活印刷, 印刷长版活时, 需按传统的方式进行电镀(镀镍、铜或铬)处理, 以增加版面的强度和印版的耐印力。

使用过的滚筒, 可以剥掉原版面电镀层, 重新涂布环氧树脂, 再次使用, 最多可重复 10 次。激光雕刻凹版的工艺流程如图 9-36 所示。

另外, 其它激光制版装置如瑞士 MDC 公司的 Laser Star。普通的凹版滚筒在表面镀铜, 然后进行腐蚀或机械雕刻。Laser Star 则不用镀铜滚筒, 而是在滚筒表面镀锌合金, 用 YAG 激光, 以 35000Hz 的高速进行加工, 还可采用 70000Hz 的激光头, 速度比普通雕刻机 4000Hz 快 17.5 倍。

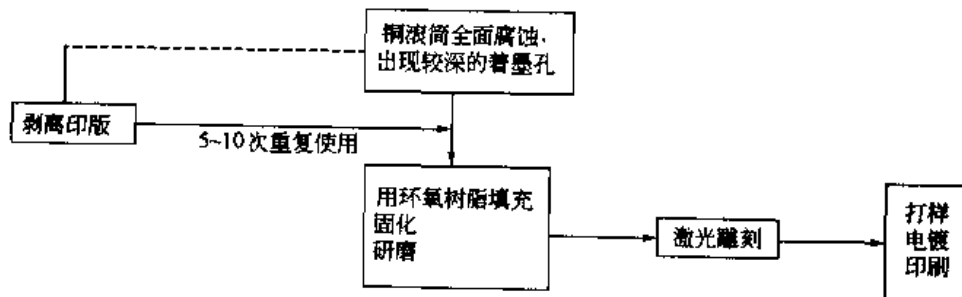


图 9-36 激光雕刻凹版工艺流程

雕刻的网孔形状有圆柱形和圆锥形两种, 深度靠激光的强弱来改变。加工后可用绒布擦去表面的灰渣。这种方法的缺点是在滚筒表面镀锌合金所耗费的时间是表面镀铜的 2 倍, 而且不能再在其上镀铬。

(5) 电子束雕刻凹版 电子束雕刻机是根据数字式存储的图像和文字信息,通过高速熔融和蒸发,在凹印滚筒上生成不同直径和深度的凹孔的。电子束凹版雕刻机能够适应现行铜质凹版技术的要求,并通过高度自动化的雕刻而大大提高生产能力。借助电子束的偏转性能而实现的实时图像处理技术,能够改善文字和图像信息的质量,从而将为凹印滚筒建立新的质量标准。

电子束雕刻机是将被雕刻的滚筒装进真空室,盖上真空罩,真空泵排出室内的全部空气。当滚筒达到工作转速后,电子束枪根据存储的数字式图文信息,通过光学控制装置扫描滚筒表面,使镀铜表面高速熔融和蒸发,从而产生不同直径和深度的、介乎环形和圆柱形之间的一种易于受墨的凹印网穴。

电子束雕刻机的价格大大高于目前的雕刻装置,比电子雕刻机贵得多。

三、凹版印刷工艺

1. 凹版印刷工艺

凹版印刷机的自动化程度较高,凹版制版的质量较好,印刷过程中变形很小,还附带有静电吸墨装置、自动套印装置、油墨黏度自动调节装置,操作也比凸版印刷机和平版印刷机简单。

(1) 试印刷 按照原稿和作业通知单核对印版滚筒、印刷纸张和油墨的种类数量;将印版滚筒和卷筒纸安装在机器上(使用单张纸则堆码在输纸台上);安装刮墨刀并将油墨注入槽中,即可试印。

凹版印刷机是用刮墨刀刮除印版空白部分油墨的,试印中刮墨刀对版面压力的大小和刮墨刀与版面所成的角度对于印版的耐印力和印版空白部分的刮净程度是至关重要的。试印中,刮墨刀对版面的压力大小用改变刮墨刀压铁质量来调节,适宜的范围为 $5\sim 10\text{kg/cm}$;刮墨刀与版面所成的角度用改变刮墨刀的工作方向来调节,适宜的范围为 $30^\circ\sim 60^\circ$ 。调节中应注意,刮墨刀除刀口外的其它机件不可接触印版滚筒。

试印中,还要调节给纸装置的张力、干燥装置的温度、冷却辊的进水量、自动套印装置的扫描头位置以及折页装置的折页精度等。

印出合格的样张送去审校。

(2) 正式印刷 印张审校合格后即可正式印刷。开始用慢速点动机器,待确认套印准确后推上自动套印装置的开关,并将印刷速度提高到正常的印刷速度。

印刷过程中要随时补充油墨,及时将卷筒纸续放在给纸机构上,保证印刷连续正常进行。还要定时抽样检查图像的套准情况、墨色的深浅变化,印张上有无白点、脏污、条痕等弊病,并及时排除印刷故障。

批量印刷品印完或更换下一色油墨时,要擦净刮墨刀和墨槽,清洗印版滚筒后落版。

2. 凹版印刷的故障及排除

(1) 照相凹版印刷的故障及其排除 照相凹版印刷使用溶剂型挥发油墨,印刷中耗墨量很大,大量的溶剂散发在空气中。这些散发在空气中的溶剂气体既污染了环境又容易引起火灾,成为照相凹版印刷的一个特殊问题。因此,照相凹版印刷机的电器设备等要安装防爆装置;工作场所要有良好的排气通风设备,以使空气中的溶剂蒸气含量降低;在印刷机上或印刷车间应安装溶剂回收装置,防火防爆,确保人身和生产安全,消除溶剂蒸气对环境的污染。

除上述因溶剂挥发带来的危害之外,照相凹版印刷常见的故障还有以下几种。

① 油墨溢出 由于印刷油墨黏度过低或印版网穴过深，油墨过量溢出，在印张的实地部分出现斑点，这种故障叫油墨溢出。添加硬性调墨油提高油墨黏度，调整刮墨刀角度，提高印刷速度，深网穴印版换成浅网穴印版等措施均能减缓或排除油墨溢出故障。

② 墨色浓淡不匀 由于刮墨刀的压力不稳定引起印版着墨孔油墨量的变化，致使印刷品出现周期性的墨色变化，墨色呈现浓淡不匀的现象。校正印版滚筒的圆度，调整并稳定刮墨刀的压力或更换新刮墨刀是排除这种故障的主要措施。

③ 发糊起毛 印刷过程中产生的静电会造成印刷品发糊、图文边缘出现毛刺的印刷故障，又名“静电胡须”。排除的方法有：去除纸张、塑料薄膜所带静电，在油墨中加入极性溶剂，适当增大印刷压力；调整刮墨刀位置；将深网穴印版更换成浅网穴印版等。

④ 埋版 由于油墨的干燥速度过快，致使油墨干固在印版网穴中，或印版网穴被油墨中的尘埃、纸粉所充塞的故障叫埋版或堵版。排除埋版故障的主要措施有：增加油墨中的溶剂含量；降低油墨的干燥速度；清除油墨中的异物；用表面强度高的纸张印刷等。

⑤ 油墨沉淀 由于油墨的黏度过低，油墨中的颜料和连结料亲和性差造成油墨沉淀，致使印刷品的色调淡薄、变色。排除这种故障的措施有：使用亲和性良好的颜料和连结料调配油墨；在油墨中加入沉淀防止剂；对油墨充分轧制；经常搅拌墨槽中的油墨等。

⑥ 反印 由于油墨溶剂的挥发速度过慢、印版网穴过深、干燥装置的效率不高等原因会造成印刷品的反面沾有油墨，这种故障叫反印或粘脏。排除反印故障的措施有：使用沸点范围窄的溶剂，提高油墨干燥速度；调节干燥装置，提高干燥效率；使用网穴浅的印版印刷，减小墨层厚度等。

⑦ 刮痕 由于刮刀的尖端破损、刮刀压力不当、刮刀与印版间的角度不当，以及油墨的黏度过大，油墨中又杂存着坚硬的微屑，可能在印版上留下划痕，降低了印版的质量。排除这种故障的措施有：使用优质刮刀，并经常检查、调节刮刀的压力和刮刀与印版所成的角度；调节油墨的黏度，并保证油墨的纯净，不使异物混入等。

⑧ 溶剂残留 由于油墨在干燥方法、干燥速度、配方等方面的问题，以及印刷纸张的吸收性不良等原因，在印张上的油墨干固后，有时还留有溶剂的特有臭味，降低了印刷品的质量。排除这种故障须加大印刷现场通风量，吹散溶剂蒸气，或更换油墨、纸张。

(2) 雕刻凹版印刷的故障及其排除 雕刻凹版主要用来印刷有价证券，所用的纸张质地良好。因此，印刷故障大多是由油墨和擦版工艺中的问题所引起的。

① 细线条断裂 由于油墨过黏过稠，油墨转移困难，使印张上的细线条出现不连续、有断开的现象，需在油墨中加入低黏度调墨油或高沸点溶剂予以改变。

② 擦脏 由于油墨过黏，擦墨辊对版面的压力过小，致使印版上的空白部分的油墨没擦干净，造成印张的空白部分留有墨痕，这种故障叫擦脏。排除的方法是，在油墨中加入低黏度调墨油，增大擦墨辊对版面的压力。

③ 飞边 由于印刷压力过大且不均匀，印刷中将纸张压入凹版的着墨孔内，油墨向印张两边转移的墨量过多，造成印张两边颜色浓重的现象叫飞边。换用弹性小的衬垫，减小印刷压力可以排除飞边故障。

3. 凹版印刷品的特点

凹版印刷不像凸版、平版，仅凭网点面积的大小来表现画面的层次，它是通过不同容积的着墨孔网穴，蓄墨量不等，转印于承印物表面的印墨量也不等，这样来表现画面层次的。因此可以得到近似连续调的复制效果。印品墨层厚实，真实感强。

凹印方法适合于印制幅面大的印品，具有以下特点：

- ① 适合圆筒无缝制版，如建材、壁纸等连续图案的印刷；
- ② 凹版印墨供给量多，阶调再现性好；
- ③ 使用有机溶剂配制的油溶性、速干油墨，可实现高速印刷；
- ④ 承印物不受限制；
- ⑤ 耐印力较高，印数可达 50 万印。

凹版印刷的对象大部分是塑胶布、塑胶袋以及小部分的纺织品。凹版的墨层厚，版子为圆筒型无缝，有利于轮转溶剂印墨印刷。如塑胶袋单色及彩色印刷，铝箔贴胶印刷，用在食品包装、药品包装、购物袋、胶带图案、壁纸、塑胶皮、纺织品、纺织用热转印等工业用印刷品。凹版利用移印机可印刷小的标志，特别是曲面印件，如乒乓球、钟表面等。另外在纸币、有价证券印刷上凹印也有独到之处。

凹印滚筒制版是凹印工艺的薄弱环节，随着先进的电子技术和激光技术进入凹印领域，传统的腐蚀凹印和照相凹版越来越受到冲击。电子雕刻乃至激光雕刻有着广阔的发展前途。

凹印的生产效率很高，要求有相应的长版印件，胶 / 凹印转换技术和薄卷筒印版滚筒可继续降低印数下限。例如胶 / 凹印转换后，凹印下限印数可由 50 万 ~ 70 万印下降到 20 万 ~ 30 万印，这在一定程度上促进了凹印的发展。

第四节 丝网印刷

孔版印刷的特点是印版图文部分由能通过油墨的网孔构成，印刷时，在一定压力下，油墨或印料可透过网孔漏印到承印物上。孔版印刷包括丝网印刷、誊印版印刷、镂空花版印刷、喷花版印刷，其中应用最广泛的是丝网印刷。

丝网印刷与平印、凸印、凹印并称现代四大印刷方法。丝网印刷是将丝织物、合成纤维织物或金属丝网绷在网框上，采用手工刻漆膜或光化学制版的方法制作丝网印版。现代丝网印刷技术，则是利用感光材料通过照相制版的方法制作丝网印版（使丝网印版上图文部分的丝网孔为通孔，而非图文部分的丝网孔被堵住）。印刷时通过刮板的挤压，使油墨通过图文部分的网孔转移到承印物上，形成与原稿一样的图文。丝网印刷设备的品种多样，丝网印刷机主要分为手动、半自动和全自动三类，并具有各种不同的型号，其特点是结构简单、操作方便。

由于丝网印刷工艺简单、成本低廉、对承印物的适应性强，因此应用范围极为广泛，常用于彩色油画、电子线路板、大型广告、招贴画、名片、封面、商品标牌、福利奖券及纺织品的印刷等。

一、丝网印刷原理

1. 丝网印刷的原理

丝网印刷由五大要素构成，即丝网印版、刮板、油墨、印刷台以及承印物。

丝网印刷的基本原理是用丝网作为版基，并通过感光制版方法，制成带有图文的丝网印版，利用丝网印版，图文部分网孔可透过油墨，非图文部分网孔不能透过油墨。印刷时在丝网印版的一端倒入油墨，用刮板对丝网印版上的油墨部位施加一定压力，同时朝丝网印版另一端匀速移动，油墨在移动中被刮板从图文部分的网孔中挤压到承印物上，如图 9-37 所示。

网版上的油墨通过刮板的挤压作用进入网孔中，其中一部分油墨量潜入网版下面附着在

承印物表面上。刮板通过后，由于网版间隔和丝网回弹性的作用，网版即刻脱离承印物表面，以保证在印刷过程中网版与承印物表面处于线接触状态。

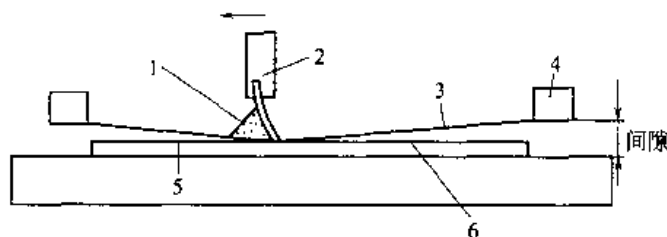


图 9-37 丝网印刷示意

1—油墨；2—刮板；3—丝网印版；4—网框；5—承印物；6—墨迹

网版间隔过小，或网版间隔等于零时，刮板对网版不能施以一定的张力使网版上图文部的网孔充分张开，将影响油墨转移率，同时，当刮板通过后也不利于网版与承印物表面的迅速脱离，这是造成印品浓度不均的重要原因之一。反之，如果网版间隔过大，在印刷过程中不仅会加大网版的张力，使网版变形加大，而且还会影响网版张力的均匀性。因此，应根据丝网的材料、承印物的形态以及印刷图文面积的大小等因素合理确定网版间隔。总的原则是，在保证网版与承印物表面之间为线接触的前提下，应尽量减小网版间隔。

2. 丝网印刷的主要特点及应用

丝网印刷的特点归纳起来主要有以下几个方面。

① 与其它印刷方式相比，丝网印刷的制版、印刷工艺最为简单，所需的设备费用也最少。

② 对油墨的适应性强 一般地讲，无论是油性、水性、溶剂型、合成树脂型的油墨，还是液状、粉末状的油墨，只要能从网孔中漏印下来，原则上均可用于丝网印刷。如将耐光颜料掺入油墨中，得到耐光性强的印刷品，以及进行液晶印刷、磁性印刷和发泡印刷等。丝印工艺与电解工艺、热烫工艺、煅烧工艺、塑料成型工艺结合，可生产出不同类型的艺术品。

③ 对承印物的适应性强 丝网印刷对承印物的适应性十分广泛，主要包括以下方面。

a. 适用于不同的承印材料 如纸张、纸板、卡片纸、塑料薄膜、金属、陶瓷、塑料、玻璃、织物等均可用于丝网印刷，所谓“除水与空气外均可进行印刷”，就是说明丝网印刷对承印物的适应范围广泛的一种比喻。

b. 印刷尺寸范围大 丝网印刷可印刷大幅面的承印物，如大型宽幅的舞台幕布、灯箱广告、室外招贴广告等，也能印刷微型电子元件、手表表面、衬衣领等小尺寸的承印物。

c. 承印物表面的多样性 可在不同的表面上进行印刷，包括平面、曲面、成型物等。

④ 墨层厚实 丝网印刷的墨层厚实，具有重量感、立体感，耐久性强，几种主要的印刷方式的墨层厚度列于表 9-3。

表 9-3 各种印刷方式的墨层厚度

印刷方式	平版胶印	凸版印刷	凹版印刷	丝网印刷
墨层厚度/ μm	1~2	5~7	8~15	10~100

⑤ 印版的耐印力较低，印刷速度不高，小于 2 成大于 8 成的网点印刷，其印刷效果不佳。

⑥ 丝网印刷压力小 由于在印刷时所用的压力小，所以适于在易碎物品上印刷，而且也适合于在硬质物品上印刷，例如玻璃、陶瓷等。

3. 丝网印刷主要应用领域

丝网印刷的应用范围是非常广泛的。现在世界各国大约有 50 多个不同专业应用丝网印刷，它被广泛地用于印刷大型广告、招贴画、陶瓷器、玻璃器皿上的装潢图案，各种塑料制品、标牌、印刷线路板以及各种工艺品等。有人认为，丝网印刷在印刷装潢领域将同柔性版印刷和凹版印刷展开竞争。

由于电子工业的发展，丝网印刷被引进到印刷线路板的领域，它要求在很小的空间印刷出稳定、牢固的电路板，这就需要采用精度极高的丝网印刷法，因此人们加强了对新的丝印技术的研究和应用。丝印技术被军事工业、空间技术和遥控技术等领域采用，也促进了丝印技术本身的发展。

在出版领域里，也越来越多地采用丝网印刷技术。除了用丝网印刷复制版画、油画及高级艺术品外，还可用丝网印刷方法印刷书籍的封面与书脊，既改进了外观质量，又收到一定的经济效益。

二、绷网工艺

制作丝网版，是指用蚕丝、尼龙丝、聚酯等纤维或不锈钢丝编织成的网，紧绷于框架上，然后用各种方法在丝网版上形成非图文部分的阻墨层，而图文部分的网孔保持通透。

1. 丝网

在丝印中，丝网是作为印版胶膜层的支持体，也就是由丝网的经纬丝连接胶膜图像，使之固定于同一平面，从而使封闭环形的图文不致散落，印出符合原稿的印刷品。

丝印用丝网必须具备薄、强、网孔均匀和伸缩性小等条件，一般采用机织物作为丝网。因为机织物是平纹的，由经线和纬线交织而成，因而具有网孔均匀、伸缩性小和强度大的特点。

(1) 丝网的选择 应确定丝网的种类、号数和级数。

① 丝网的种类 根据原稿的精度、承印物的形状及印刷基本要求确定丝网的种类。

到目前为止，按丝网的材质不同可将丝网分成四种类型，即绢丝网、尼龙丝网、聚酯丝网和不锈钢丝网，表 9-4 为丝网的种类及其一般性能的对比。现已研制出镀金属聚酯网、含碳金属网、适合于紫外干燥型印墨的薄网及高精细目数网。

表 9-4 丝网的种类及其一般性能的对比

特 性 \ 种 类	绢丝网	尼龙丝网	聚酯丝网	不锈钢丝网
耐热性	中	差	差	优
弹性	良	优	优	一般
尺寸精度	一般	一般	良	优
应用	基本不用	广泛采用	广泛采用	少数精密印刷时采用

绢丝网为天然蚕丝网，丝网的弹性良好，绷网操作比较容易，但因其丝网表面粗糙，对油墨的渗透性较差，印刷线条不够锐利，加之抗水性、抗化学药品性不佳，所以目前很少采用。

尼龙丝网也称聚氨酯丝网，丝网表面光滑，油墨的流动性、渗透性较好，并具有良好的机械性能和耐化学性，印刷线条锐利，丝网的再生处理方便，采用间接感光制版法，软片对

丝网的附着性较强,用于成型物印刷效果较好。但是,这种丝网由于其材质较软,弹性、吸湿性较强,影响印刷套准精度,不适用于大、中幅面的多色套印。目前,尼龙丝网的目数可达 200L/cm,丝网的编织宽度可达 315cm。

在现代丝网印刷技术中,聚酯丝网是比较理想的丝网材料,现代化的设备和精密的编织技术确保了丝网的高质量,再经过特殊的后处理,可提高聚酯丝网的套准精度,加之这种丝网对温度、湿度的变化不敏感,因此,这种丝网的应用较为广泛。目前,聚酯丝网的目数可达 195L/cm,丝网的编织宽度可达 370cm。

不锈钢丝网由不锈钢丝编织而成。这种丝网的变形很小,尺寸比较稳定,并可在高温下进行印刷,制版时也不会产生漫散射,印刷清晰度较高,主要用于高精度的工业制品印刷。不锈钢丝网的制造需要较高的技术水平,其成本较高,选择时应控制使用。

丝网有两种结构,一种是用多股细纤维纺成的丝,如绢丝网;另一种是单根纤维的长丝如不锈钢丝网。

多根丝较柔软,强度不高,丝径较粗,印墨通过性差;单股丝表面无毛刺,印墨通过性优良,但价格较高。有时,两种丝同时使用不但可降低成本,而且还可调节丝网厚薄和拉伸度。例如印染业常使用这种丝网。

织造丝网的方法有平纹织、斜纹织、拧织等,如图 9-38 所示。一般采用平纹织,其它种类织法多用于特殊用途。350 目以上的丝网一般采用斜纹织。在印刷精度较低、厚墨层的图文时,一般采用拧织的低目数绢网或尼龙网,这样织造的网丝不易发生移动变形。

丝网的颜色很重要,有白色、黑色、橙色、红色及深红色,一般不用绿色、蓝色、紫色的丝网。

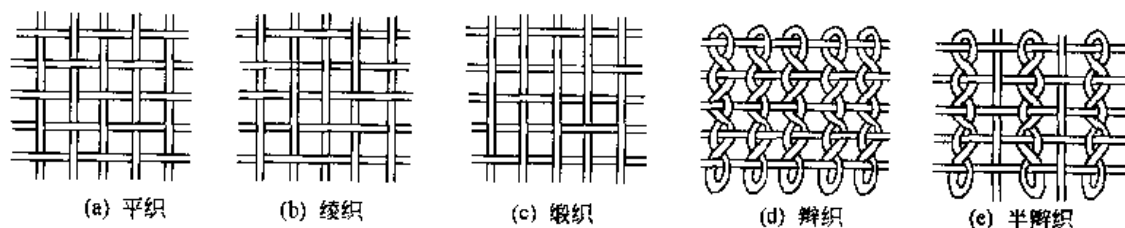


图 9-38 丝网的编织方法

丝网着色的目的是为了防止晒版时因光漫射而造成的图文模糊。

选择丝网的颜色,一方面要考虑有效地消除光漫射的影响,还应考虑颜色对感光速度的影响以及如何使之与感光材料本身颜色区分开等。

② 丝网参数

a. 丝网的目数 所谓目数(号数),是指单位长度内所含丝的根数。一般单位为 L/in 或 L/cm。目数表示丝网的疏密程度,目数越高,丝网越密,网孔越小。可根据印品精度要求,选择不同目数的丝网。目数选定的标准:印墨量要求多的情况采用 70~200 目,一般印品采用 200~300 目,精细图文采用 300 目。

实际上丝网号数可表示印刷时透墨量的多少。丝网号数愈大,网线的线径愈小,其透墨量则愈少;丝网号数愈小,网丝的线径愈大,其透墨量则愈多。

丝网号数往往由印刷图文的细度来确定,具体原则如下。

③ 线条印刷 若是一般的线条印刷,原稿的线条宽度应为丝网间距的 3 倍以上,如图 9-38 所示,即丝网的号数按以下公式计算

$$25.4 \div (\text{原稿线条宽度} \div 3)$$

例如,若印刷 0.3mm 宽的线条,则丝网的号数应为

$$25.4\text{mm} \div (0.3\text{mm} \div 3) = 254\text{L/in}$$

即应选用 254 号以上的丝网。

⑥ 网点印刷 若进行网点印刷,丝网的号数原则上应为网点线数的 6 倍以上。

例如,若印刷 60L/in 的网点,则丝网的号数应为 $60 \times 6 = 360\text{L/in}$,即选用 360L/in 以上的丝网。

⑦ 一般情况下,如要求墨层厚度较大时可选用 70~200L/in 的丝网;一般墨层厚度时可选用 200~300L/in 的丝网;特殊要求的精细印刷可选用 300L/in 以上的丝网。

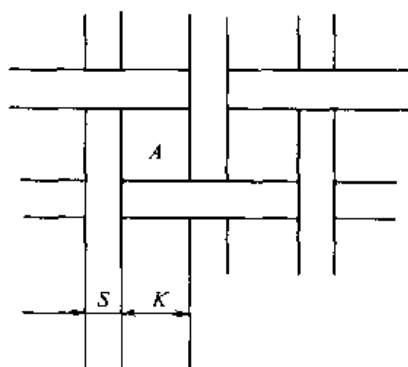


图 9-39 丝网号数的确定

b. 丝网的开度 丝网网孔开度是指网孔面积 (A) 的平方根,如图 9-39 所示,如网孔为正方形,则其开度即为网孔的边长。开度是表征网孔大小的一种线性度量。

丝网的目数与开度直接影响丝网印刷的复制质量。

在丝网印刷阶调制版过程中,对丝网印版的层次控制,其实是网点和丝网孔格的覆盖关系。网点面积越大,越能反映原版的网点阶调;网点面积如小到不足以覆盖一个丝网孔格时,就不能再现于丝网印品上。

因受条件的限制,在实际生产中丝印的分色网屏线数一般小于 120 线,色调范围一般压缩在 10%~85% 以内。制版时只要控制 10% 网点再现,就可达到阶调再现要求。计算最小网点方法可用下式进行计算

$$D = 2S + K$$

式中, D 为最小网点的直径; S 为丝径; K 为开度。

D 值就是选择目线配对的依据。

$2S + K$ 计算式同样也适用于丝网再现线条的最细宽度的计算,运算十分简便。

c. 丝网的级数 丝网级数是指丝网网线的粗细度。粗网线的透墨量较大,细网线的透墨量较小,即丝网的级数与透墨量 (墨层厚度) 有密切关系。丝网号数相同的丝网,其丝网级数不同,则透墨量也不同。所以,每一种号数的丝网都可分为四种不同的级数,即

S 级——细级,主要用于精致图文印刷。

T 级——中级,目前广泛采用。

M 级——中细级,即 S 级与 T 级之间的一级,其应用范围不广。

HD 级——粗级,要求墨层较厚,印刷速度不高时采用。

S 级的网线细,其线径较小,而丝网开口较大;HD 级的网线粗,其线径较大,而丝网开口较小。

(2) 丝网选择示例

① 普通印刷 套准精度要求较高时选用尼龙丝网或聚酯丝网。

上光、涂布印刷时选用 5~29TL/cm 的丝网;运动服、旅行袋、粗布织物印刷时选用 34~49TL/cm 的丝网;粗糙的吸收性表面印刷与粗木纹、旗帜印刷选用 49~77TL/cm 的丝网;海报印刷大字体用粗颗粒的油墨时可选择 100~710TL/cm 的丝网;电子元件印刷时选用 120TL/cm 的丝网;网点印刷时选用 100~120TL/cm 的丝网可印刷 20L/cm 的网点。

② 成型物印刷 成型物印刷应选用尼龙丝网。

塑料瓶、笔杆等成型物印刷，使用不透明的粗颜料油墨，如白墨、黄墨时，一般选用 100~120L/cm 的丝网；印刷高目数的网点，使用高速印刷机，要求墨层较薄时，可选用 120TL/cm 或 200 SL/cm 的丝网；使用 UV 油墨时可选用 120TL/cm、180SL/cm 的丝网。

③ 配线板印刷 配线板印刷选用聚酯丝网或镀金属聚酯丝网，可以选用白色丝网，也可选用金橙色丝网。根据所用油墨的种类或承印材料的性质，可选用不同号数的丝网。

a. 使用一般油墨印刷配线板时，若进行防蚀膜印刷（使用防蚀膜专用墨）可选用 110HD/120T 或 110T/120T 的丝网；若进行防电镀层印刷（使用防电镀油墨），可选用 90T/110HD 或 90T/110T 的丝网；若进行防焊锡层印刷（使用防焊锡油墨），可选用 55TL/cm 或 54TL/cm 的丝网；若印刷文字可选用 77TL/cm 的丝网。

b. UV 印刷 使用紫外线快干油墨印刷配线板时，可选用白色丝网或金橙色的聚酯丝网，也可选用镀金属聚酯丝网。若进行防蚀膜印刷可选用 140TL/cm 的丝网；若进行防电镀层印刷可选用 120TL/cm 的丝网；若进行防焊锡层印刷可选用 120TL/cm 的丝网；若进行文字印刷可选用 120TL/cm 的丝网。

④ 陶瓷印刷 釉料印刷中细线条选用 20~60L/cm 的丝网；釉中和釉下印刷选用 60~100L/cm 的丝网；烧料金印刷选用 90L/cm 的丝网；釉上印刷选用 77~150L/cm 的丝网；亮金印刷选用 120L/cm 的丝网；网点套印选用 100~200L/cm 的丝网；浮凸效果覆盖层涂料印刷选用 12~24L/cm 的丝网；大面积图案的覆盖层涂料印刷选用 24~34L/cm 的丝网；小面积图案的覆盖层涂料印刷选用 30~40L/cm 的丝网。平面丝网印刷时选用尼龙丝网；曲面圆网印刷时选用聚酯丝网。

⑤ 织物印刷 织物印刷时一般选用半圆平单缕聚酯丝网（KS 丝网）或聚酯丝网。

厚绒布、人造革、粗装饰布、静电植绒刷胶印刷选用 19~34TL/cm 的丝网；装饰布、大面积覆膜印刷选用 34~49TL/cm 的丝网；光滑布、大面积覆膜印刷选用 43~55TL/cm 或 34TL/cm 的 KS 丝网；小面积无细线条的图案印刷（人造布）选用 49~62TL/cm 或 34TL/cm 的 KS 丝网；粗的网点和图案印刷（粗布）选用 55~62TL/cm 或 43TL/cm 的 KS 丝网；光滑的薄布网点和图案印刷选用 55~77TL/cm 或 43TL/cm 的 KS 丝网；人造布印刷细图案和网点选用 90TL/cm 等的 KS 丝网。

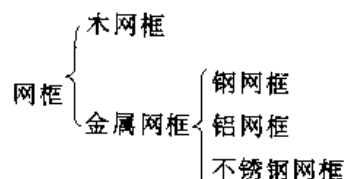
⑥ 特殊 T 恤衫印刷 选用染色聚酯丝网。

印刷数字和色块选用 40~45TL/cm 的丝网；印刷细线图案选用 55~62TL/cm 的丝网；进行单色和多色的网点印刷选用 62~77TL/cm 的丝网。

⑦ 静电植绒刷胶丝网印刷 若选用聚酯丝网，丝网的号数为 18~32TL/cm；若选用尼龙丝网，丝网的号数为 295L/cm。

2. 网框

(1) 网框的种类及应用 丝网印刷所用的网框按其材料不同主要有以下几种，即



① 木网框 木网框制作简单，成本低廉，使用方便。目前世界上木网框的使用量约占70%左右，主要适用于小批量、小规格、一般精度要求的单色印刷。因木网框的机械性能较低，容易受环境湿度的影响，尺寸的稳定性较差，因此，木网框一般不适于多色套印。

② 金属网框 由钢、铝、不锈钢材料制作而成的网框。为减小质量，节省金属材料，一般采用中空结构。

对于钢网框，在使用过程中为防止生锈，可在网框表面进行电镀或镀锌，或用二液型、三液型漆进行涂布处理。对于大型网框，为减小质量可选用铝网框（钢的相对密度为7.8，而铝的相对密度仅为2.7），但铝网框的壁厚要大一些，适当增加其截面尺寸，以满足机械性能要求。

另外，铝网框虽不易生锈，但它耐烧碱液和次氯酸钠的性能较差，所以应提高网框焊接接口处的密封性，以防止化学药品进入框内。

对于不锈钢网框，因其成本较高，除特殊场合外一般应控制使用。

(2) 网框尺寸及主要规格 网框尺寸主要指网框的内尺寸和外尺寸，如图9-40所示。

目前国内外对网框尺寸还没有统一标准。一般情况下，应先根据印刷图文尺寸来确定网框内尺寸，如印刷图文面积为 $A=a \times b$ ，则网框的内尺寸应为 $C=2(a \times b)$ ，同时，印刷中刮墨板运动的始末端至少应比印刷图文长10~15mm。对于中等尺寸的印刷图文，应保证印刷图文的周边有15cm余量，即 $B=15\text{cm}$ 。

当确定了网框的内尺寸后，再参考表9-5确定网框的外尺寸。

表 9-5 网框尺寸的主要规格

国际标准尺寸		网框规格/mm			
号码	纸张尺寸/mm	网框外尺寸	网框内尺寸	截面尺寸	管壁厚度
A0	841×1189	1180×1580	1100×1460	40×60	3.0
A1	954×841	910×1200	830×1120	40×40	2.5
A2	420×954	700×950	620×870	40×40	2.5
A3	297×420	580×740	500×660	40×40	2.5
A4	210×297	430×600	370×540	30×30	2.5

选择网框不仅要考虑印刷面积，还要考虑网框的截面面积。印刷面积大、网框的截面应增大，细弱的网框经受不住绷网的张力，会发生变形、疲劳，造成丝网版的张力松弛，使套印不准或出现龟纹。

从表9-5所列数字可看出，图外空网尺寸是比较大的。而且网框越大，图外空网尺寸留得越多。其原因为：

① 印刷时网距（丝网放置在印台时，丝网与印台的距离）在刮板印刷行程中回弹的需要；

② 刮板起至停车部位的需要；

③ 积存印墨的需要；

④ 为了保证图文部分张力均匀。

3. 绷网

在制版之前将准备好的丝网固定在网框上，作为丝印版图文的支持体。绷网是丝印的第一个重要工序，绷网质量直接关系到制版、印刷的质量。

(1) 绷网方式 绷网有两种方式，一种是正绷网，另一种是斜交绷网。

正绷网是丝网的经、纬线分别平行和垂直于网框的四个边，即经纬线与网框边呈 90° 。斜交绷网是指丝网的经、纬线分别与网框四边呈一定的角度，如图 9-41 所示。

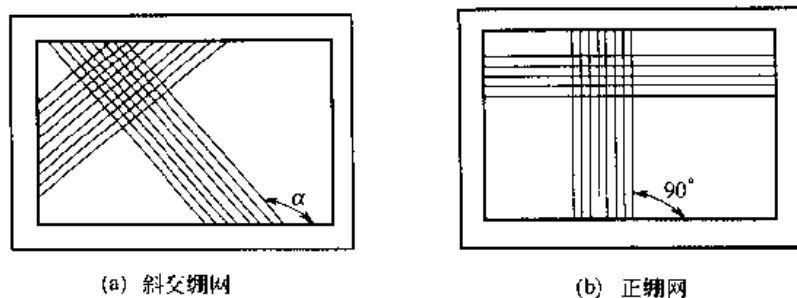


图 9-41 绷网角度

采用正绷网形式绷网，操作较方便，可节省丝网的边角料，减少丝网浪费。但在套色印刷时采用这种形式绷网制版容易出现龟纹，所以套色印刷一般不采用正绷网。

斜交绷网利于提高印刷质量，对增加漏墨量也有效果。其不足是丝网浪费较大。

在印刷精度要求比较高和彩色印刷时，绷网角度的选择对印刷质量有直接的影响。一般复制品的印刷，常选用的绷网角度是 $20^\circ \sim 35^\circ$ ；在印制高分辨率的线路板时，由于使用的丝网目数较高，所以绷网角度选择 45° 比较合适。在实际绷网时，为了减少丝网浪费，一般印刷品多采用正绷网。

绷网角度与图像加网角度的关系。丝网印刷和平版印刷一样，在制版时都是通过加网技术再现连续调或彩色原稿的色彩阶调。在丝网印刷中由于丝网印版是由网孔组成的图文，在制作丝网印刷套色版中，加网分色底片与丝网重叠后很容易产生干涉现象，同样也会出现龟纹。为了减少龟纹的出现，在制作丝网印版时，可以采用下面两种方法。一种是按上述加网角度进行加网分色，并根据加网角度确定绷网角度及绷网角度差，然后按确定的最佳角度差进行绷网。另一种方法是采用正绷网，在制作分色底片时，选取最佳角度差进行加网。

(2) 绷网力的确定 绷网时，合理确定绷网力是保证网版质量的重要因素。平时所说的正确绷网是指绷网力大小的合理性和绷网力的均匀性。

绷网力的大小视丝网的撕裂强度不同而异，而丝网的抗拉强度是保证正确套印和测试网版间隔的又一重要因素，为此，在绷网时应用张力测试计测量绷网力的大小。决定绷网力大小的因素包括以下几方面。

① 丝网的撕裂强度 不同材料的丝网具有不同的撕裂强度。一般情况下，人造丝网的绷网力应大于天然纤维丝网。

对于聚酯丝网和尼龙丝网来说，若是粗丝缕，聚酯丝网的绷网力应大于尼龙丝网，但若是细丝缕，尼龙丝网的绷网力则应大于聚酯丝网。

② 丝网的线径 对于同一种丝网面言，若丝网的线径不同，则其撕裂强度与线径的平方成正比。随着丝网线径的增大，其绷网力也应按其线径的平方关系增加，所以对任何一种丝网而言，丝网的号数相同时，其绷网力属 HD 级最大，S 级最小。

③ 丝网的截面积 一般而言, 决定丝网稳定性的因素往往不是丝网号数, 而是丝网的截面积。例如, 对于聚酯丝网, 若丝网号数为 100T, 在 10cm 宽度中所有丝缕的截面积应为

$$\pi D^2/4 \times 10L/\text{mm} \times 100\text{mm} = 12.6\text{mm}^2$$

式中, D 为丝网线径, 查丝网技术资料得出 $D=0.04\text{mm}$

而 150T 的丝网, 在 10cm 宽度中所有丝缕的截面积则为

$$\pi D^2/4 \times 15L/\text{mm} \times 100\text{mm} = 1.61\text{mm}^2$$

式中, D 为 150T 丝网的线径, 查丝网技术资料得出 $D=0.037\text{mm}$

所以, 150T 丝网的绷网力应比 100T 丝网增加 28.3% 而不是 50%。

④ 绷网力的合理范围 不同的丝网材料具有不同的绷网力。根据生产实践获得各种丝网的绷网力如表 9-6 所示。

表 9-6 各种丝网的绷网力

丝网种类	绷网力的合理范围/MPa	丝网种类	绷网力的合理范围/MPa
绢丝网	0.7~0.9	聚酯丝网	0.8~1.0
尼龙丝网	0.8~1.0	不锈钢丝网	1.0~1.3

另外, 不同的承印物, 不同的印刷要求, 也应采用不同的绷网力。根据试验得出, 聚酯丝网和尼龙丝网的绷网力的合理数值如下。

a. 聚酯丝网 (包括镀金属聚酯丝网) 配线板印刷、刻度印刷以及高精度尺寸要求的印刷绷网力为 12~18N/cm; 多色套印绷网力为 8~16N/cm; 手工印刷绷网力为 6~12N/cm; 绷网力的允许误差为 2N/cm。

b. 尼龙丝网成型物印刷 平面成型物印刷绷网力为 6~10N/cm; 圆形成型物印刷绷网力为 0~6N/cm。在实际工作中, 还应注意以下两点: 一是新绷好的丝网开始数小时内, 其丝网张力将丧失 10%~20%, 所以, 新丝网绷网后应放置数小时后再进行制版; 二是脱膜再生的网版, 丝网的张力将丧失数牛顿。

4. 丝网的再生

从印完的版框上将网版上的硬化感光膜剥离下来, 再利用此网版重新制版的工艺过程称为丝网的再生, 或称丝网的再利用。

丝网的再生是通过剥离感光膜的药品来实现的。作为剥离药品主要采用氟系的液态剥离剂, 俗称脱膜剂以及卤素系粉末状剥离剂。用衣料类的漂白剂等也能对重氮系的感光膜进行剥离。无论采用哪种脱膜剂, 都要进行原液的涂刷, 或在粉末溶解液中浸透, 然后再用高压水喷吹, 将感光剂完全剥离下来。对脱膜后的丝网, 由于油墨中的颜料会浸伤丝网接点或丝网网线表面, 油墨的残像会残留在丝网上, 因此, 剥离后要用溶剂将残像擦除干净。

另外, 一副印版印完后应立即进行脱膜。如果印完后存放数小时后再进行脱膜将造成脱膜困难, 甚至根本无法脱膜等故障。

三、丝印版

1. 直接感光制版法

直接感光制版法是指在经过预处理的丝网上直接涂布感光液, 然后进行曝光、显影的网版制版方法, 其制版工艺流程如图 9-42 所示, 这种制版方法的特点是先涂后晒。

直接感光制版法, 因光硬化的感光膜可深入丝网内部, 印刷的耐印力较高, 成本较低,

因此，目前得到广泛应用。但是，其制版的单一工序较多，而且多为手工操作，不稳定因素较多，加之涂胶厚度较厚，胶层厚度的均匀性难以控制，不易实现标准化制版。

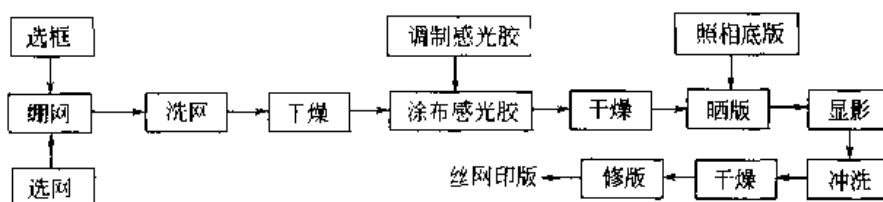


图 9-42 直接感光制版法工艺流程

2. 间接感光制版法

间接制版法是以厚度为 0.06~0.12mm 的透明或半透明的塑料片作为片基。将明胶为主体的感光剂涂布于片基上，然后再把涂布好的胶片进行曝光。显影、干燥后，制成可剥离图文底片。制版时将图文底片胶膜面与绷好的丝网贴紧通过挤压使胶膜与丝网贴实，揭下片基，就成为丝网印版。间接感光制版法工艺流程如图 9-43 所示。

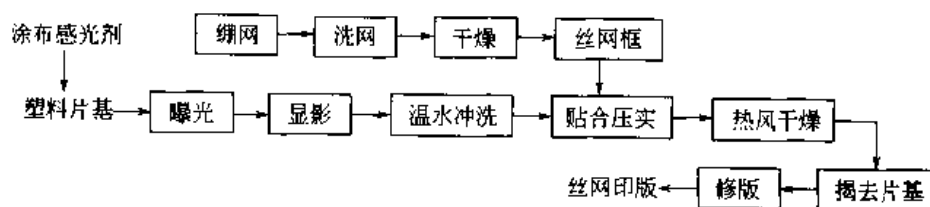


图 9-43 间接感光制版法工艺流程

3. 直间感光制版法

直间感光制版法是将直接制版法和间接制版法结合使用的一种制版方法。在制版时首先将涂有感光材料的片基感光膜面朝上平放在工作台上，将绷好的网框平放在片基上，然后在网框内放入感光胶并用软质刮板加底涂布，经风吹并干燥充分后揭去塑料片基，附着了感光膜的丝网即可用于晒版。经显影、干燥后就制出丝网印版。制版方法如图 9-44 所示。

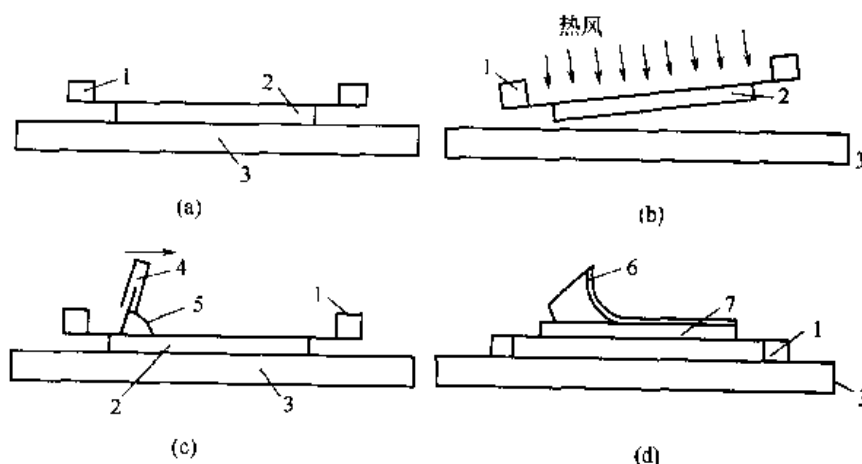


图 9-44 直间感光制版法示意

1—网框；2—感光胶片；3—工作台；4—刮板；5—感光胶；6—塑料片基；7—感光膜

直间感光制版法与直接制版法及间接制版法不同之处是：直间法是通过膜片的厚度来获得丝网印版的厚度，而直接法是靠多次涂布感光胶来获得丝网印版的厚度；直间制版法是

先贴膜后晒制，而间接制版法是先晒制后贴膜。

用直间制版法制版可以减少感光胶涂布次数，节省涂布时间。另外，由于与承印物接触的丝网一面使用的是片基，所以保证了丝网印版的平整度。工艺流程如图 9-45 所示。

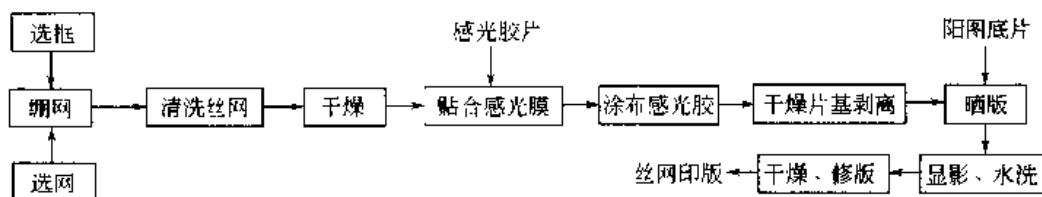


图 9-45 直间制版法的工艺流程

4. 数字式直接成像制版系统

采用数字式直接成像制版技术制作丝网印版是近年来发展的新技术，是计算机技术在丝网印刷领域的应用成果。

数字式直接成像技术是无软片电脑喷涂成像技术，无需制作分色片就能生产出彩色阶调丝网印版的技术。

数字式直接成像制版系统的基本原理：采用计算机技术和专用软件程序，对图像、文字进行设计、艺术加工处理，形成数字信息，存入磁盘。将磁盘输入电脑制版机，制版机则根据输入的数字信息在涂布有感光胶的丝网版上进行喷涂形成图像和文字，再经曝光和显影即制成丝网印版。

为保证制版质量，可使用喷墨打印机在制版前打出样张，根据样张的效果对原设计进行再修改。

数字式直接成像制版系统的特点为：

① 通过计算机显示屏可直观地进行原稿设计、色彩调整，进行网屏角度和网点大小的调整及喷涂墨层的厚度设定等；

② 节省照相制版设备的投资，节省软片、显影、冲洗等制版材料；

③ 减少制版工序，提高了制版效率；

④ 不受丝网品种和丝网目数限制，可以制作各种丝网印版；

⑤ 具有多色印版自动定位功能，可以制作多色套印版；

⑥ 制版精度高；

⑦ 即可作为独立制版设备使用，也可用于全自动联机使用。

5. 丝印制版的后处理

(1) 丝网印版的显影、定影 丝网印版制作过程比较简单，随着新型感光材料的不断出现，这一特点更为突出。使用现代感光材料制作丝网印版，用图文底片与涂有感光材料的网框贴合晒版。网框在晒版后放入清水、温水或药物水中浸泡 10min 左右，图文就显示出来（不同的感光材料显影时间也有所不同）。随后用海绵在水中轻轻擦洗丝网印版，使图文部分网孔基本上都成为通孔。然后加压喷水清除图文部分所残留的未感光材料，使图文部分丝网孔全部变通，最后擦净水迹并进行烘干就制出丝网印版。

(2) 丝网印版的检查与后处理 丝网印版制作完毕，要进行全面检查及后处理。处理方法主要为以下几方面内容。

① 检查丝网印版质量 包括图文是否全部显影，图文网点、线条是否有毛刺、残缺、

断笔及网孔封死等现象，如果发现上述状况后应及时采取各种方法进行补救，如果不能补救，可考虑重新制版，以确保印刷质量。

② 检查网膜是否存在气泡、砂眼，靠近网框的四边有无封网现象。对气泡、砂眼应及时补救，对四边丝网进行封网，以避免印刷时造成漏墨。

③ 检查晒版定位标记，是否符合印制单的要求。

④ 用胶纸带将丝网与网框黏合部分粘贴，以提高丝网与网框的黏结牢固。

⑤ 粘贴版标 在边框统一的位置上贴上版标，注明如下事项：印件名称、色别、色数、丝网目数、加网线数、感光材料型号、制版日期及制版人。

⑥ 将全套制成版转交印刷工序。

四、丝网印刷工艺

1. 承印材料及其预处理

丝网印刷可以用于多种不同的承印材料。由于承印材料的性质不同，欲得到良好的印刷质量，在印刷之前应对承印材料表面进行必要的处理。

(1) 纸张、纸板及纸制品 这种材料是丝网印刷的主要承印材料之一。由于这类材料本身具有良好的印刷适性，所以一般情况下，不需要进行特殊处理。但因丝网印刷是通过网孔漏印完成油墨转移的，故要求承印表面必须清洁、无灰尘，否则不仅会降低油墨对承印物表面的附着性，而且小的尘埃还会堵塞网孔影响印刷质量。因此，在印刷之前应对承印物表面进行除尘处理。

(2) 塑料及其制品 根据塑料的成型方式不同，主要有热固性塑料（压缩成型）和热塑性塑料（浇注成型）两种类型。

这种材料由于树脂分子中大多为无极性基团，属于非极性材料，其化学稳定性很高，加之表面的吸收性较差，表面又极为光滑。对油墨的附着性不能满足印刷要求，为此，在印刷之前应进行表面活性化处理，使其表面氧化生成一些极性化学键，并使表面粗化，以提高对油墨的附着性。具体处理方法主要有以下三种。

① 铬酸处理法 铬酸处理法是将铬酸溶液与塑料表面接触，使其发生化学反应，达到表面粗化增强表面活性基团的目的。

② 火焰处理法 当用火焰喷射塑料承印物表面时，在高温下发生氧化作用，使表面形成碳-氧键，达到表面活化的目的。在处理时要严格控制处理程度。如处理不充分，影响印刷效果；如处理过度，其表面会受到损伤。

③ 电晕放电处理法 这种处理方法属于电气处理法，将塑料承印物通过高压发生器进行表面活性化处理。

当承印物通过带有高电压的滚筒之间时，电极与承印物之间形成空气层，在高电压作用下引起电晕放电现象，使塑料表面受到脉冲电弧冲击，塑料中的分子断裂，与空气中的氧形成极性基团，并使表面粗化，达到提高油墨附着之目的。这种方法目前得到广泛应用。电晕放电电压一般为 10000~30000V、电流为 40~45mA。

除上述三种处理方法外，还有氯化处理法和 γ 射线照射法等。

(3) 金属板及其制品 金属承印材料主要是铁板、铝板及其成型物。

为了提高承印表面对油墨的附着性，在印刷之前应对铁板表面进行涂漆（底漆）处理，对铝板表面进行底面涂层处理，印刷之后还应对印刷表面进行上光、覆膜处理及加热烘干处理等。

(4) 陶瓷、玻璃制品 陶瓷、玻璃制品印刷的主要问题是油墨的附着性不良。为此，在印刷之前应对承印表面进行感脂化处理，以提高对油墨的亲合力；印刷之后往往还要进行高温烧结。

2. 刮墨板

(1) 刮墨板的作用 丝网印刷用的刮墨板一般由弹性橡胶制作而成。印刷时将刮墨板的前端置于网版内侧，并与网版保持一定角度（ $45^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ），通过加压与刮动，对网版施以一定的印刷压力，将网框内的油墨通过网孔挤压到承印物表面。

在丝网印刷中，影响墨层厚度的因素很多，就刮墨板而言，可通过改变刮墨板压力、刮墨板角度、刮墨板的硬度、刮墨板顶部的形状以及刮墨的速度等来调整墨层厚度。

(2) 刮墨板的材料及性能

① 刮墨板的组成及主要材料 刮墨板由刮板和刮板柄所组成，如图 9-46 所示。

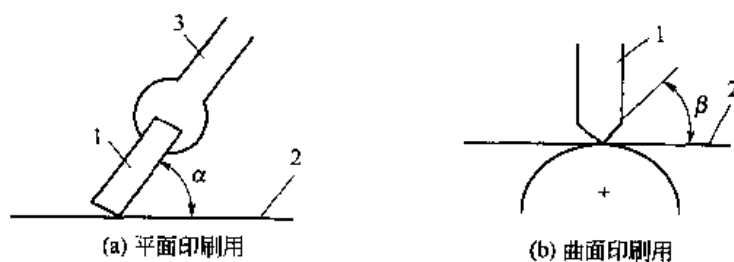


图 9-46 刮墨板的组成

1—刮板；2—网版；3—刮板柄

刮板所用材料有：天然橡胶刮板、丙烯橡胶刮板、氟橡胶刮板、聚氨酯橡胶刮板。目前，大多采用聚氨酯橡胶刮板。

② 刮板的性能 作为丝网印刷用刮板，要经常与油墨接触，并反复作挤压运动，要求刮板应具有一定的硬度和较高的耐溶剂性、耐磨性。

由于承印物的性能、印刷状态差别较大，在印刷时要保证网版与承印物表面处于良好的线接触状态，要求刮板的硬度必须与承印物的材料和形状相适应。因此，应选用不同硬度的刮板。就一般情况而言，刮板的肖氏硬度范围为 $60^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 。为满足丝网印刷的需要，刮板制造厂应为用户提供如下几种不同硬度的刮板，列于表 9-7。

表 9-7 刮板类型及应用示例

刮板类型	刮板肖氏硬度	应用示例
低软型	$40^{\circ} \sim 55^{\circ}$	印刷特厚油墨，如花布印刷
软质型	$55^{\circ} \sim 65^{\circ}$	表面粗糙的承印物，如纸版、帆布类
中硬型	$65^{\circ} \sim 75^{\circ}$	一般承印材料的图文印刷，应用广泛
硬质型	$75^{\circ} \sim 85^{\circ}$	精细线条，网点印刷

一般面言，欲获得良好的印刷效果，承印物材料较硬时应选用软型刮板，反之，承印物材料较软时应选用硬型刮板；平面印刷时应选用硬质或中硬型刮板，曲面印刷时应选用软型刮板；要求墨层较厚时应选用软型刮板，墨层较薄时应选用硬型、中硬型刮板。

刮板经常与油墨接触，油墨中的溶剂必然侵蚀刮板面发生体积膨胀、弹性减少、硬度下降等物理变化，严重影响印刷质量。一般情况下，橡胶刮板的化学性能与油墨中溶剂的亲和

力越强,则刮板对溶剂的吸引力就越大,刮板的变形也就越严重。因此,应尽量选用与溶剂性质相异的耐蚀性橡胶作为刮板材料。

(3) 刮板形状、刮板角度及刮板长度

① 刮板形状及刮板角度 按刮板前端(端部)截面形状不同,刮板的形状主要有三种类型,即矩形、尖状棱边形和正方形,如图 9-46 所示。刮板角度是指其端部与网版的接触线与版面的夹角,根据刮板形状可取不同的刮板角度,一般选用原则如下。

a. 平面印刷时,选用矩形刮板,其刮板角度为 $70^{\circ}\sim 75^{\circ}$,如图 9-47 (a) 所示。

b. 曲面印刷时,采用尖状棱边形刮板,其刮板角度一般为 45° 或 60° ,根据刮板刮墨速度和墨层厚度合理加以选用,如图 9-47 (b) 所示。

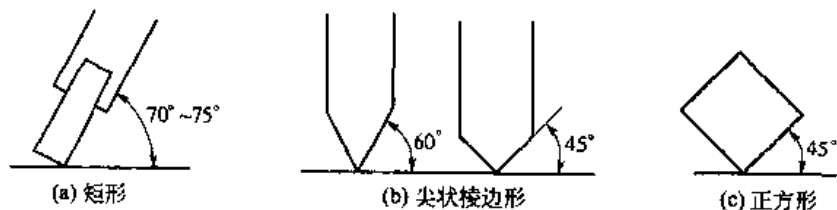


图 9-47 刮板的形状

c. 当印刷墨层厚度要求较厚时,可选用正方形刮板,其刮板角度为 45° ,如图 9-47 (c) 所示。

② 刮板长度 刮板长度一般由印刷图文宽度决定。如印刷图文宽度为 B ,则刮板长度应为

$$S=B+(2\sim 10)\times 2$$

式中 B ——印刷图文宽度, cm;

S ——刮板长度, cm。

另外,刮板两端与网框内侧边应保持 10~15cm 的距离,如图 9-48 所示。

3. 印刷油墨

虽然可以说任何类型的油墨均可用于丝网印刷,但是要得到理想的印刷效果,必须考虑油墨的印刷适性,对油墨的选用应更加合理,所以,正确、合理地选择印刷油墨是丝网印刷的一个十分重要的问题。

(1) 丝网印刷油墨的特点 根据丝网印刷原理及特点,与其它印刷方式相比,丝网印刷油墨应具有某些特殊性能,如表 9-8 所示。

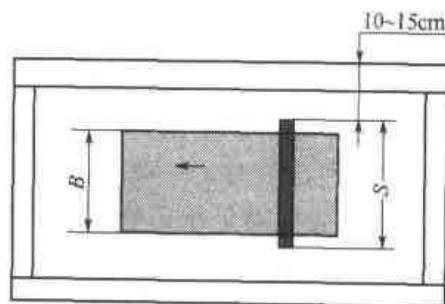


图 9-48 刮板长度

B —印刷图文宽度; S —刮板长度

表 9-8 丝网印刷油墨与其它印刷油墨的性能对比

性能 油墨和类	黏度/ $\text{Pa}\cdot\text{s}$	屈服值/ $(\times 10^{-5}\text{N}/\text{cm}^2)$	墨层厚度/ μm	油墨转移率/%
丝印油墨	10~100	$10^2\sim 10^3$	10~100	90~100
凸印油墨	10~100	$10^3\sim 10^4$	5~7	30~50
胶印油墨	100	10^4	1~2	30~50
柔性版油墨	0.1~0.2	1~10	3~5	50~70
凹印油墨	0.05~0.2	0~20	8~15	50~60

由以上数据可知,丝网印刷油墨具有一定的黏度和较高的油墨转移率,因此丝网印刷墨层较厚,通过控制油墨的转移量可以提高印品的浓度范围,印刷出优良的有重量感的印刷品。

另外,丝网印刷油墨可以采用不同的干燥方式。如果能合理选用油墨,即可广泛应用在各种不同的承印物上,以保证合理的印刷适性。表 9-9 为不同印刷的油墨干燥方式。

表 9-9 不同印刷的油墨干燥方式

干燥方式 印刷方式	蒸发干燥型	氧化聚合型	二液反应型	紫外硬化型
丝印	良	良	良	良
凸版胶印	良	中	—	良
平版胶印	中	良	—	良
凹印	优	—	良	—
柔性版印刷	优	—	中	—

① 蒸发干燥型 通过油墨中溶剂的蒸发,使油墨皮膜干燥黏合的方法。这种干燥方式的适用性较强,对几种主要印刷方式基本上均可采用。

② 氧化聚合型 通过氧化使油墨皮膜干燥黏合的方法。在几种主要印刷方式中,凹印和柔性版印刷不适于这种干燥方式。

③ 二液反应型 也称二液硬化型。通过化学反应使油墨皮膜干燥黏合的方法。凸印和平版胶印不适合这种干燥方式。

④ 紫外硬化型 通过紫外线照射引起化学反应使油墨皮膜硬化黏合的方法。凹印和柔性版印刷不适合这种干燥方式。

由此可以看出,丝网印刷对上述四种干燥方式均有良好的效果,对干燥方式的适应性较强。

(2) 丝网印刷油墨的选用 丝网印刷油墨的选用,应根据承印物的性质及用途合理选用丝网印刷油墨。近年来,国外丝网印刷油墨大量进入中国市场,特别是日本产丝网印刷油墨已在国内得到广泛采用。

在选用油墨时,一般可按如下原则和步骤进行。

① 首先应满足承印物的一次物性,即承印物对油墨的附着性,根据承印物的表面性能合理选用油墨。

② 在满足承印物一次物性的条件下考虑其二次物性。二次物性主要包括以下方面。

a. 力学性能 主要指耐摩擦性。

b. 热学特性 包括耐黏结性、耐热性、耐寒性、耐寒热重复性等。

c. 物理化学特性 包括耐气候性,耐水性,耐药品性(耐酸性、耐碱性、耐溶剂性),耐环境性(耐水性、耐热水性、耐湿度性、耐盐水性),耐物体性(耐油性、耐洗涤性)等。这些耐性要求主要通过选择不同性质的颜料加以保证。

③ 二次加工适性 这里所说的二次加工适性是指承印物的加工成型性和焊接加工适性。

④ 安全卫生性 所选用的油墨应符合国家安全卫生法规的有关规定。

第五节 柔性版印刷

柔性版印刷最早可追溯到 1853 年美国金斯来获得橡胶印版专利权。19 世纪 60 年代美国已出现简单的印刷机,1890 年英国毕贝制造出一台卫星式印刷机,20 世纪 20 年代又传入

美国。由于当时采用苯胺染料色墨印刷，故名苯胺印刷。

苯胺染料具有非常鲜艳的色彩，但易退色，致使当时应用的局限性很大，现已被不易退色、耐光性强的染料或颜料代替。1952年2月的第14届包装会议通过改名为“Flexography”，意为可挠曲性印版，国内近年来亦相应改称“柔性版”印刷。

一、基本原理

1. 定义

柔性版印刷是指使用柔性版，通过网纹传墨辊传递油墨施印的印刷方法。柔性版是诸如橡皮凸版、感光性树脂版等弹性固体制成的凸版的总称。

2. 基本原理

柔性版印刷的基本原理包括以下内容：

- ① 柔性版印刷按其版面特征，当属凸印的一种，印版浮雕高度为0.7mm以上；
- ② 初期使用苯胺油墨，采用橡皮凸版，故称其为苯胺印刷；
- ③ 由于苯胺油墨有毒，严重污染环境，危害工人健康，所以停止使用苯胺油墨，故将苯胺印刷改为柔性版印刷；
- ④ 柔性版印刷采用了短墨路输墨系统；在柔性凸版上着墨后将印版上的图文转移到承印物上。

柔性版印刷兼有凸印、凹印和胶印三者之长，又有高速、多用、成本低、设备简单等优点。其主要特点是：采用柔性凸版，属于直接印刷方式；由短墨路系统给墨，机构大为简化；印刷压力低，接近于无压印刷，可实现印刷机的轻型化；可对多种承印材料进行高速印刷。

同一般凸印相比，柔性版印刷具有以下特点。

- ① 印墨是一种以醇类为主要溶剂的挥发干燥型印墨。干燥速度快，可适应柔性版印刷的高速、多色、一次套印的要求，又不会损伤柔性印版。
- ② 柔性版是一种光敏橡胶型的印版，具有柔软、可弯曲、富于弹性的特点。肖氏硬度一般在25°~60°，对印墨的传递性能好，特别是对醇溶剂印墨。这是肖氏硬度75°以上的铅版、塑料版、光聚版无法相比的。
- ③ 采用轻压进行印刷。
- ④ 供柔性版印刷的承印材料非常广泛。

目前，柔性版印刷质量已接近平版胶印和凹印的水平。在工业发达国家已广泛用于报纸和包装印刷。如美国的报纸印刷已有25%、包装印刷已有45%采用柔性版印刷。人们普遍认为，在软包装印刷方面将由目前的以凹印为主发展为以柔性版印刷为主。

二、柔性印版

1. 柔性印版的种类

柔性印版主要有以下几种类型。

① 手工雕刻橡皮版 手工雕刻是最简单的柔性版制版方法，对于简单的活件，如手提袋上的文字及图案、简单的几何图形等，都可以用手工雕刻法制作印版，且具有方便、快捷、成本低的优点。手工雕刻技术性较强，要求制作人员具有娴熟的技巧和丰富的经验，且印版质量不如照相制版。

② 铸造橡皮版 把天然橡胶或合成橡胶版材放在母型中加热、加压面成。铸造橡皮版的优点是：一旦作成母型后，很容易生产橡胶复制版，版厚可以自由控制，还可以根据油

墨、承印材料不同生产多种橡皮版,如异丁烯橡皮版、乙烯橡皮版等。

③ 柔性感光树脂版 柔性感光树脂版在图文形成的化学过程、制版流程、再现性能等方面都与凸版印刷中使用的感光树脂版类似,版材主要是用橡胶系树脂,曝光后的冲洗方法、所使用的冲洗液与凸版用的感光树脂版都不相同。

柔性感光树脂版分为固体树脂版和液体树脂版,其制版工艺有所不同。柔性感光树脂版是用负片直接曝光制成,阶调再现性好,网线数为60线/cm时,可以再现小的网点,制版过程不需加热,所以印版的尺寸精度高、稳定性好、版厚精度高,制版时间也比橡皮版短。但柔性感光树脂版也有缺点,与橡胶版比弹性不足,制作复制版的成本高,还必须事前检查它对油墨溶剂的耐受性。

④ 无缝版 通过扫描原稿,用图像信号控制激光束直接在橡皮滚筒上雕刻制成印版,制作工艺简单,但其再现性能还存在问题。另一种无缝版是用柔性感光树脂包覆滚筒表面,制作时仍采用激光雕刻。无缝版可印刷连续图形,如壁纸等。

2. 柔性印版的印刷性能

柔性印版的印刷性能主要有以下几方面。

① 印版的均匀性 柔性版的均匀性主要包括印版表面平整度和印版厚度均一性。印版表面平整度是指印版印刷面平整、光洁、均匀的程度。印版厚度均一性是指印版各处的厚度均匀一致。

由于柔性版印刷是轻压接触,印版的不平度和厚度不一,不可能通过增加印刷压力来弥补,只能靠提高版面本身的平整度和厚度均一性来解决。

如果印版平整度或厚度超过误差范围,印刷时,版面较高处受压过大,产生挤压变形,影响图像质量,如图像边缘轮廓网点扩大,墨量过多等;而版面较低处,接触压力小甚至无接触,则会出现墨量太小,墨色过淡或印不上油墨等现象。

② 弹性和硬度 柔性版的特点就是柔软,富有弹性。硬度是印版的一个关键指标。橡胶版的硬度是由加硫硬化时的温度、压力、加压时间等决定的,可根据要求确定印版硬度。感光性树脂版的硬度取决于光聚合物的硬度,可以用加入硬度控制剂的办法加以控制。弹性是硬度的反指标,即硬度越高,弹性越小。

不同的承印物对印版的硬度要求不同。印版弹性大,则与承印物的接触均匀,印刷出的墨色也均匀,但图像的层次再现性较差,且网点扩大较为显著。承印物表面光洁的,印版弹性要小;表面粗糙的,印版弹性要大。印刷实地或文字,印版弹性应较大;印刷网点或细线条,印版弹性应较小。

印版的弹性在印刷过程中会有一定程度的变化,即在经过高速度和长时间连续印刷后,印版弹性降低,回弹不足,为避免印版弹性降低过多,要求印刷时保持轻印压状态。

③ 耐溶剂性 是指印版对溶剂的承受性能,也就是说在溶剂作用下,印版是否产生变化。

柔性版对醇类 and 水的耐受性好,而对于苯类、酯类的耐受性较差,当印版与这类溶剂接触时,印版就会产生溶胀、发黏,字线变形,印版平整度变差。柔性印版对油墨和溶剂是有选择性的,印刷时应选择对印版没有侵蚀作用的油墨和溶剂,以保证印刷过程的顺利进行。

④ 图像复制性 是指印版对网点、细线的再现能力及印版的分辨率,或者说是印版复制图像的精细度。

柔性版的图像复制性并不高。虽然印版能够达到很高的精细度,但印版的高弹性降低了

其复制的精确度。印刷网点扩大非常明显, 阶调层次的变化很大。橡胶版的复制性较差, 只能印粗线条、复制网线在 24 线/cm 以下、15%~85% 的网点层次。感光性树脂版的复制性较好, 能复制 5%~95% 的网点层次、48 线/cm 的网线或更高。

除上述性能外, 印版的伸缩性、尺寸稳定性、传墨性、耐印力等性能, 也对印刷质量有较大的影响。

3. 感光性树脂版

柔性版用感光性树脂版有液体和固体两种, 其光硬化作用与感光性树脂凸版一样, 不同的是版材必须要有一定的硬度, 而且具备有橡胶的弹性。所以, 在材料的选择和配制方面, 与感光性树脂凸版多少有些不同之处。代表性的柔性感光树脂版有杜邦公司的 Cyrel II 版、BASF 公司的 Nyloprint Heavy Hitt 版、Uniroyal 公司的 Flex-Light 版等。

(1) 固体感光性树脂版 采用固体高分子材料预制的感光性树脂版。

固体柔性感光性树脂版的截面如图 9-49 所示, 保护膜的材料是聚乙烯对苯二酸盐, 用以保护感光树脂层免被氧化, 底托材料是聚乙烯对苯二酸盐或钢皮。固体柔性感光性树脂版的制版工艺流程如图 9-50 所示。

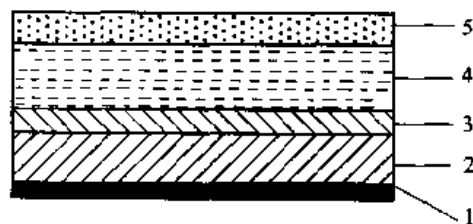


图 9-49 固体柔性感光性树脂版截面示意

1—保护层；2—版基；3—尺寸稳定层；
4—浮雕层；5—保护膜

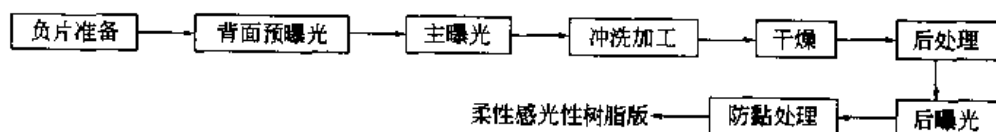


图 9-50 固体柔性感光性树脂版的制版工艺流程

① 负版准备 准备最大密度为 4.0 的磨砂负片, 灰雾密度要求在 0.06 以下。

② 背面预曝光 版材背面预曝光的目的主要是为了增加版基的厚度, 背面曝光时间的长短决定了版基的厚度。版基越厚, 印版厚度越大, 曝光时间应越长。

③ 主曝光 主曝光也称正面曝光。用紫外线灯照射后, 将原版图文转移到感光性树脂上。受光照部分的图文部感光层硬化, 未受光照的空白部感光层不硬化。

操作时应注意感光适度。如感光不足, 会造成断线和硬度下降现象; 如感光过度, 印版图文会发生膨胀、变形、失真等故障, 故应合理控制主曝光时间。曝光时间取决于负片上图文的种类, 细线条和网点需要的曝光量比实地阴文需要得多。曝光时间因光源的强度、版的厚度不同而不同, 对于厚度为 2~4mm 的版, 曝光时间一般是几分钟到十几分钟。

④ 冲洗加工 经溶剂冲洗后使版面空白部形成凹面。冲洗时间与感光时间成正比, 与冲洗液的腐蚀性能成反比。

版面经曝光后, 受光部分硬化, 未硬化的部分需要用溶剂除去, 此即称为显影, 显影溶剂是以氯化烃系溶剂 (三氯乙烷等) 作为主剂, 用刷子对版面进行刷洗, 显影时间通常是几分钟~20min 左右。如果显影时间过短, 容易出现浮雕浅、被显影的底面不平、表面出现浮渣等毛病; 如果显影时间过长, 容易出现图文破损、表面鼓起和版面高低不平等毛病。

⑤ 印版的干燥 印版从冲洗装置中取出来后, 通常是膨胀的, 黏而软, 原来的直线看起来像波浪线, 文字也会是歪扭的, 这是正常现象, 这需要在烘箱内进行干燥, 即用 50~70℃ 的

温风将版干燥几分钟~30min,把显影溶剂除去。干燥的温度和时间要严格控制,若未充分干燥,则版面膨胀程度仍是不均匀的,如干燥温度过高,印版图文的尺寸会受到影响。

⑥ 后处理 印版干燥后,还需将表面残留的单基物擦去,用洁净的布及溶剂前后擦拭,擦完后再干燥5min。

⑦ 后曝光 也称全面曝光或定型曝光,其目的是提高印版的硬度和耐印力,对印版的正面和背面进行曝光,使印版全面硬化。

⑧ 防黏处理 后曝光之后,为了除去印版黏性,需作防黏处理,有如下三种方法。

a. 次氯酸盐浸泡,这是最通用的方法,需长时间存放的版都采用此法,只需要在漂白粉之类的氯溶液中放置0.5~1min即可。

b. 喷粉防黏,即用细玉米粉或滑石粉喷洒版面,但对于细线原稿、复杂的原稿、半色调版面是不适宜的,因为喷粉会导致版面堆墨。

c. 用氟塑料喷雾除黏,但不能用于有细微层次的版,对带细微层次的版要用硅树脂喷雾,喷雾后的版要用溶剂洗净,以免影响印刷时油墨的转移。

(2) 液体感光性树脂版 以液体感光性树脂为制版材料制成的印版,即感光前树脂为液体状态,感光后成为固体的树脂版。液体感光性树脂版制版系统是一种可靠、快速制造柔性版的工艺系统,可以方便地改变印版的硬度、浮雕深度和印版厚度。制版工艺流程如图9-51所示。

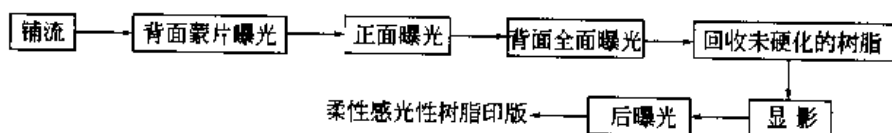


图 9-51 液体柔性感光性树脂版制版工艺流程

① 铺流 先将阴图片版面向上放在下侧玻璃板上,把涤纶片基放在阴图上,中间用液体石蜡涂布并抽去空气,然后进行铺流,最后用底片覆盖并压上上侧玻璃板,抽真空后使底片与树脂层密附。

② 背面蒙片曝光 把预先作成的与晒版负片整个图形近似的负片(蒙片)正对着晒版负片放在背面,由背面进行曝光,受光的树脂发生光化学反应形成与晒版负片图形近似的丘状光硬化部分,曝光时间根据需要的硬化深度决定。

③ 形成图文的正面曝光 蒙片曝光完毕,上部的紫外线光源关闭,下部的紫外线光源开启,通过晒负片进行曝光,与负片透明部位相对应的树脂发生光化学反应变硬,曝光时间根据版厚和负片性质而定。经过正反面曝光之后,正面硬化部分与背面硬化部分连接起来,经显影后可以得到很深的共同的凹部,增加了印版耐受印刷压力的能力。

④ 背面全面曝光 正面曝光后将背面的蒙片除去,用上部的紫外线光源对背面进行全面曝光,从而形成固定图文的基础。曝光时间根据所需版基厚度而定。

⑤ 回收未硬化的树脂 柔性版的图文浮雕很深,残留在非图文区(即图文之间的低谷区)的未硬化树脂很多,可以回收利用。

⑥ 显影和冲洗 回收操作完毕后,用碱性显影液喷射版面,进行显影,接着用水冲洗,显影和冲洗是由机器自动进行的,所需时间约为10min左右。

⑦ 后曝光 显影、冲洗并对印版进行干燥后,再进行后曝光,其目的在于使图文的侧面硬化、提高版面强度、增加版基与图文浮雕的结合强度,所需时间为10min左右。

在有些感光树脂制版机中,洗净的印版要在水中作后曝光,然后胶印版浸在表面处理液中处理,最后进行干燥,这是因为空气中的氧会妨碍光化学反应的进行,在水中可以使聚合反应顺利地进行,较好地解决了印刷时图形侧面与底面发黏的问题。

4. 数字化柔性印版制作技术

数字化柔性印版制作技术包括数字柔版直接制版技术(简称 CDI)和数字柔印滚筒直接制版技术。

(1) CDI 制版技术 传统柔印制版由于受很多因素的限制,质量控制难度较大。

CDI 数字成像直接制版工艺过程所用设备与传统制版技术相同,只是所用版材及数字成像技术与传统柔印制版不同。

柔印直接制版用版材(又称数字柔版)感光层的最上面涂布了一层黑色的紫外线吸收层,该层对红外线也同样敏感。制版时,首先由直接制版机图像发生器发出的红外线激光将图像处的黑色吸收层烧蚀掉(也可挖掉),裸露出下面的光聚合型感光层,如图 9-52 所示。由于光聚合型感光层对红外线不敏感,因此被激光烧掉的地方感光乳剂层不受影响。

激光烧蚀后,即可对印版进行曝光,保留在印版空白处的黑色涂层挡住光线,而图文处的感光胶层由于失去了黑色涂层的保护,发生光聚合反应,即形成印刷网点。曝光后,绝大多数数字柔印版均能采用普通方式进行显影处理。但有些数字柔版在用溶剂冲洗时,需要先把黑色层冲洗掉。

采用直接制版技术制取的数字柔性版具有点形完整、极高光不易丢失、印刷网点扩大率低、阶调长、大网点不糊等特点。

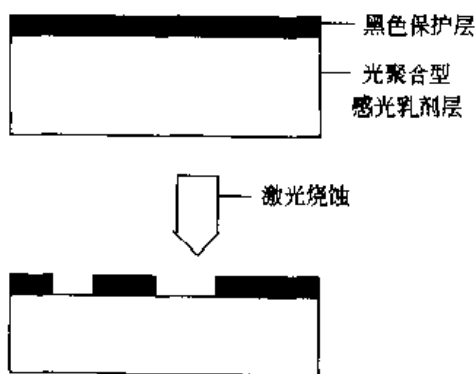


图 9-52 柔印直接制版用版材结构

(2) 数字成像直接制取印版滚筒技术 计算机直接制取柔性版滚筒的方式有两种,一种是电刻,另一种是激光刻。前者是以电子系统的图像信号指挥电子雕刻头在制版滚筒上雕刻。后者是在金属滚筒表面涂一层树脂或套上一只塑料套筒,然后以电子整页拼版系统输出的信号,指挥二氧化碳激光束扫描,受激光扫描部分的塑料分子汽化而形成凹陷非图文部分。数字成像制版技术免去了软片覆于印版上的曝光,因而不存在光散射问题,可降低所用软片等材料成本,大大缩短制版时间,而且细小的网点均能再现,并免去了背曝光、主曝光等因素对网点的影响,减少了网点扩大,高光、细网线及细线条均能精确地再现,反白文字效果也很好。

三、柔印油墨

1. 柔印油墨的特性

柔性版印刷油墨具有两个显著的特性:一是低黏度;二是快速干燥。正是由于低黏度的特性,柔性版印刷机才能成功地采用非常简单的网纹传墨辊输墨系统,使传墨性能良好。由于柔性版印刷油墨具有快干性,干燥非常迅速,即使是相邻两色,也可以实现干叠印,这不仅可以避免因干燥不良引起的叠印故障,而且意味着较高的印刷速度,并使柔印工艺非常适合用于非吸收性材料的印刷。

2. 柔印油墨的种类

根据承印物的种类及用途不同,可将柔性版印刷油墨分为三种类型,即溶剂型油墨、醇

性油墨和水性油墨。

(1) 溶剂型油墨 印刷非吸收性承印材料时一般选用溶剂型油墨。印品通过油墨中溶剂的挥发而干燥。

溶剂型油墨一般使用稳定性的颜料作为色料。油墨中的连结料可用硝化棉、纤维素系树脂、丙烯酸树脂、聚酰胺树脂等。使用时一般将两种以上的树脂相混用,以提高油墨对承印物表面的附着性及耐抗性能。油墨中的溶剂主要有醇、酯,此外再添加一些脂肪族烃、芳香族烃以及石蜡、增塑剂等。

由于溶剂型油墨与塑料薄膜的附着性较差,所以在印刷前应对塑料薄膜表面进行电晕处理,使其表面极性化。

(2) 醇性油墨 印刷吸收性承印材料时采用醇性油墨。醇性油墨是将醇溶性树脂溶于醇系溶剂中,再加上酯类溶剂和溶纤剂与色料混合而成。

醇性油墨所用颜料与普通油墨基本相同,所用染料有碱性染料和醇溶性染料两种。碱性染料的鲜艳度较好,使用比较普遍。醇溶性染料的耐水性、耐药品性较好,但颜色的鲜艳度和饱和度不如碱性染料,价格也较高,其用途不如碱性染料普遍。

醇性油墨所用的连结料是将醇溶性树脂溶于醇系溶剂中而成。醇溶性树脂主要有改性马来酸树脂、硝化棉、虫胶等。醇系溶剂为甲醇、乙丙醇,再添加一些酯系溶剂和溶纤剂,以提高树脂的溶解性,改善印刷适性。

(3) 水性油墨 水性油墨是指以水、醇、溶纤剂等为溶剂的柔性版印刷油墨,主要用于吸收性较强的承印材料的印刷,如纸张、纸板、瓦楞纸、水泥袋等。

根据所用树脂的类型不同,水性油墨主要有碱溶型、乳液型和水溶型三种,现在广泛采用的主要是水溶型水性油墨。水性油墨的突出特点是所用有机溶剂少,排出的有害气体少,有利于印刷环境的改善。

水性油墨的溶剂主要是水。为改善树脂的溶解性、颜料的分散性以及油墨的渗透性等性能,可加入一定量的醇类、溶纤剂及乙二醇等催干剂类溶剂。

加入碱性物质是为了使树脂溶于水,碱性物质主要用氨水。因氨水价廉,油墨干燥后又能形成耐水性皮膜。

水性油墨是一种皂类混合物,使用时容易产生气泡,为此,可添加去泡剂等进行弥补。

根据印品种类不同,可调整油墨中各成分的比例。如对于书刊印刷,为提高耐水性和降低黏度,则添加树脂;对于水泥袋、牛皮纸印刷,为减少带脏、提高干燥性能,油墨的连结料则多采用松香改性马来树脂和苯乙烯改性马来酸树脂;对于瓦楞纸印刷,为适应高速快干的要求,油墨中应多加去泡剂等。

水性油墨的干燥形式为渗透型干燥。

水性油墨在国外得到广泛应用。由于水性油墨的性能不断提高,所以除广泛用于吸收性较强的承印材料如纸制品、牛皮纸、瓦楞纸等外,诸如聚乙烯和聚丙烯塑料薄膜也采用了水性油墨。

目前,国外80%~85%的瓦楞纸、70%~80%的纸板、纸杯以及50%~60%的牛奶纸容器印刷都采用了水性油墨。可以预测,水性油墨在包装印刷中一定会得到广泛应用。

四、柔性版印刷工艺

1. 网纹传墨辊

在多色印刷中,无论是凸印,还是平版胶印,一般采用传统的输墨系统,即由匀墨辊、

传墨辊、串墨辊、着墨辊等十几根至二十几根墨辊构成的输墨系统，虽然可以满足输墨的基本要求，但不能向版面定量提供传墨量，这是影响印品质量的重要原因之一。

采用网纹辊的输墨系统也称为短墨路系统，如图 9-53 所示。由于使用溶剂型油墨，不需要对墨层进行反复滚压和碾匀的匀墨过程，所以，其输墨装置比较简单。可以认为，一根网纹辊（辅以刮刀）可以代替传统输墨系统所有墨辊的全部功能。此外，通过网纹辊墨穴的不同形状、大小及深浅可以控制传墨量，达到所需的墨层厚度。因此，对网纹辊提出了较高的要求。

网纹传墨辊表面镀层材料有多种，一般为镀铬网纹辊或陶瓷网纹辊（包括喷涂陶瓷网纹辊和激光雕刻陶瓷网纹辊）。网纹的加工有机械雕刻法、电子雕刻法和激光雕刻法。

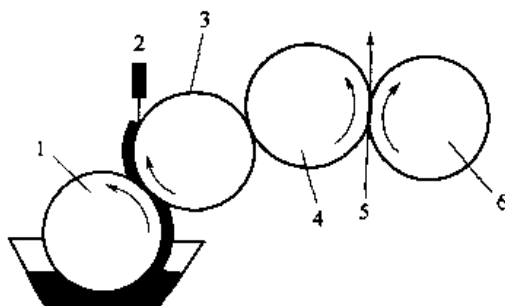


图 9-53 短墨路系统

1—墨斗辊；2—刮刀；3—网纹辊；
4—印版滚筒；5—承印物；6—压印滚筒

(1) 网纹辊的性能参数 网纹辊的性能参数主要有网穴形状和网纹线数。

① 网穴形状 所加工的网穴（墨穴）形状主要有棱锥形、格子形、圆锥形、螺旋线形等。目前常用的网穴形状大多采用棱锥形结构，其中以倒四棱锥形和倒金字塔形应用最为广泛，如图 9-54 所示。

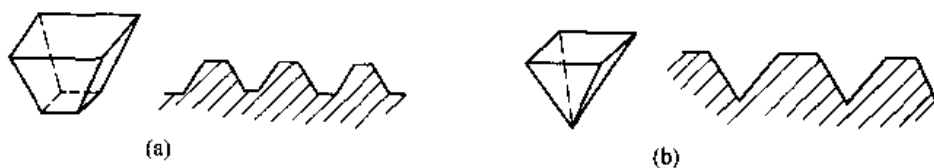


图 9-54 常用网穴形状

(a) 倒四棱锥形网穴及其截面图；(b) 倒金字塔形网穴及其截面图

上述所示网穴的开口、网墙、深度及锥角等参数均直接影响传墨量，应根据印刷要求，合理进行选择。

② 网纹线数 网纹线数是指单位长度的网线数，一般用线/cm 或线/in 表示。网纹线数可以表示网穴大小。网纹线数愈高，说明单位面积内的网穴数愈多，网穴则愈小；反之，网穴则愈大。

表 9-10 列出了网纹辊不同网纹线数的应用实例。

表 9-10 网纹辊不同网纹线数的应用示例

网纹线数/(线/cm)	应用示例	网纹线数/(线/cm)	应用示例
40	上光及涂布	120	多色网目调印刷或以文字为主的印刷
60	吸收性承印材料进行实地印刷	140	非吸收性承印材料进行网点套印
80	非吸收性承印材料印实地、图像	160	低色调印刷
100	实地版印刷或 0.5~1.0mm 宽线条印刷	180~220	特殊高级品精细印刷

实践表明，网纹辊的网线数应与印版的加网线数保持 (3~4):1 的比例关系，并采用逆向刮刀方式，这是实现网点印刷的重要条件之一。因此，可根据各色版的加网线数确定网纹辊的网线数。

(2) 应注意的问题 综上所述，网纹辊是柔性版印刷机的一个极为重要的机件，它是决

定和影响印刷质量的重要因素之一，因此，在使用中应注意以下几个问题。

① 网纹辊的合理选配 网纹辊是柔性版印刷的备用件，应根据不同的印刷对象和各色组传墨量的基本要求合理选用不同网线数的网纹辊，即各色组网纹辊的网线数应有所不同。

比如对于报刊印刷，第一色组往往印刷大的色块，要求有较大的传墨量，这时，可选用 80 线/cm (200 线/in) 以下的网纹辊；第二、第三色组一般印刷小色块，或印大字、粗线条等，这时，网纹辊的网线数可适当增大，可选用 80~87 线/cm (200~220 线/in) 的网纹辊；第四色组主要印刷正文文字（小字）或细线条，这时，可选用 100 线/cm (250 线/in) 左右的网纹辊。

对于网目调印刷，应满足再现原稿层次的基本要求，网纹辊网线数的合理匹配更为重要，其基本原则是，可根据各色版的加网线数来确定网纹辊的网线数。至于网纹辊的网线数是取上限，还是取下限，可参考各色版不同的要求决定。一般来说，对于青版，网纹辊的网线数可低些，对于黄版，网纹辊的网线数比青版再低些，而对于品红版和黑版，网纹辊的网线数可取上限。

由此看来，一台柔性版印刷机要满足不同的需要，每个印刷色组起码应配备低线数、中线数和高线数等 3~5 套不同网线数的网纹辊。

② 刮刀的合理选用 网纹辊是易损件，经一段时间使用后可以重新再加工，所以，在使用中要尽量保护网纹辊。具体讲，如果没有特殊要求，可不使用刮刀，以减少对网纹辊的磨损。如果需要使用刮刀，则选用正向刮刀要比逆向刮刀对网纹辊的磨损小一些，以提高网纹辊的使用寿命。如果是中、高速印刷，使用陶瓷网纹辊，可选用密闭式逆向刮刀。

③ 网纹辊的制作 网纹辊一般由专业制造厂家提供。如果有高性能的印刷机，高质量的印版，高性能的承印材料和油墨，再加上高技术水平的操作人员，而网纹辊不符合基本要求，也不能印刷出满意的印品。因此，用户应向网纹辊制作厂家提出明确的质量要求，双方有明确的质量检验标准，制造厂家还应向用户表明工艺手段和检测手段，这是保证网纹辊加工质量的前提条件。

④ 网纹辊的维护与保养 在使用和存放过程中，应加强对网纹辊的维护与保养，其中要特别注意以下几点。

a. 网纹辊是备用件，应有固定的存放场所，在存放中应将其吊置，防止产生变形。

b. 在使用、存放过程中，要注意保护网纹辊表面，防止表面划伤。

c. 网纹辊的清洗。由于网纹辊是靠墨穴来传递油墨的，而墨穴往往很小，易被固化的油墨所堵塞，影响油墨的传送量，因此，加工质量再好的网纹辊，也不能印出好的印品，可见清洗对网纹辊的合理使用是十分重要的。

2. 印刷故障

边缘轮廓清晰是凸版印刷方式的特征。由于边缘轮廓故障，会造成细笔道字网点堵死、挂须、搭笔道等现象，而影响印刷质量；也会造成干燥不良，在导线辊上沾污未干的印墨面弄脏印品，在卷取机上反面粘脏、粘页，造成后工序障碍；还会增加印版的磨损，降低耐印力。排除边缘轮廓故障的方法如下。

① 调节金属网纹辊、印版、压印滚筒相互间的压力，将接触压力减小到最小。

② 调节版面高低（垫版），包括版面研磨和背粘贴纸带。例如实地和细笔画图文在一起

时,应使实地部分垫得稍高一些。

③ 根据图文情况调节印墨。例如实地较多时,应使用较硬的印墨并加大印刷压力。

3. 柔性版印刷工艺特点

(1) 柔性版印刷的特点 同一般凸版印刷相比,柔性版印刷具有以下特点。

① 印墨是一种以醇类为主要溶剂的低黏度挥发干燥型印墨,干燥速度快,适应柔印高速多色的印刷。无污染、干燥快的水性油墨的应用,对环境保护极为有利。

② 柔性版是一种光敏橡胶型的印版,具有柔软、可弯曲、富于弹性的特点。肖氏硬度一般在 $25^{\circ}\sim 60^{\circ}$,对印墨的传递性能好,特别是对醇溶剂印墨。这是肖氏硬度 75° 以上的铅版、塑料版和光聚版无法相比的。

③ 采用轻压进行印刷。在一般情况下,几种主要印刷方式中,凹印印刷压力大于 4.9MPa ,凸印印刷压力为 $2.94\sim 3.43\text{MPa}$,平版胶印印刷压力为 $0.49\sim 0.59\text{MPa}$,柔性版印刷接近于无压印刷。所以,柔性版的耐印力较高,一般可达 80 万印,最高可达百万印以上。对大批量印件可减少换版次数。

④ 供柔性版印刷的承印材料非常广泛,柔性版印刷对粗糙的瓦楞纸、纸板、光滑的非吸收性塑料薄膜、铝箔等均可实现良好印刷。

⑤ 良好的印刷质量 由于采用高质量的树脂版、陶瓷网纹辊等材料,使印刷精度已达到 70 线/cm,并且具有饱满的墨层厚度使产品层次丰富、色彩鲜艳,特别适合于包装印刷的要求,其醒目的色彩效果往往是平版胶印所不能达到的。它兼有凸版印刷的清晰、胶印的色彩柔和、凹印的墨层厚实和高光泽。

⑥ 生产效率高 柔性版印刷设备通常采用卷筒型材料,可从双面多色印刷到上光、覆膜、烫金、模切、排废、收卷或分切等工序一次连续作业完成。而在平版胶印中往往要使用更多的人员和多台设备用三、四个工序才能完成。因此,柔性版印刷方式可以大大缩短印刷周期,降低成本,使用户在竞争激烈的市场中占优势。

⑦ 操作及维护简便 印刷机采用网纹辊输墨系统,与胶印机和凸印机相比,省去了复杂的输墨机构,从而使印刷机的操作和维护大大简化,输墨控制及反应更为迅速。另外,印刷机一般配有一套可适应不同印刷重复长度的印版滚筒,特别适应规格经常变更的包装印刷品。

⑧ 印刷速度快 印刷速度一般为胶印机和凹印机的 $1.5\sim 2$ 倍,实现了高速多色印刷。

⑨ 投资少、见效快 现代柔性版印刷机具有传墨路线短、传墨零件少、印刷压力极小等优点,使得柔性版印刷机结构简单,加工所用的材料节省许多。所以机器的投资远低于同色组胶印机,也只是同色组凹印机的 $30\%\sim 50\%$ 。

在制版上,柔性版制作周期短,易运输,费用比凹印低得多。虽然制版费用高于胶印 PS 版数倍,但可以在耐印率上得到补偿,因为柔性版的耐印率在 50 万印到几百万印(胶印版耐印率在 10 万 \sim 30 万印)。

柔性版的上版简单,且在线外进行,减少了因停机造成的浪费。

据有关部门人士的测算,使用柔性版印刷的运行成本要比胶印、凹印机低得多,因为柔印机的开机运行速度快、操作简单、节省能源,并可使许多工序一次完成。总投资额远远低于平版胶印为达到模切、上光等多种功能所要配套使用的模切机、上光机等的费用。

柔印、凹印、胶印三种印刷方法的比较见表 9-11。

表 9-11 三种印刷方法的比较

项目 \ 印刷方法	胶 印	凹 印	柔 印
适印基材	纸张	薄膜、纸张、金属箔材	薄膜、纸张、金属箔材
印刷质量	较好，墨层较薄	色彩丰富、鲜艳、好	较好，墨层较薄
印刷毒性	强	强	弱
油墨种类	油性油墨	溶剂型墨或水性墨	水性或溶剂型墨
制版时间	短	长	较短
印刷速度	慢	快	快
制版费用	低	高	高于胶印，低于凹印
工业污染	有污染	有污染	无污染
图像精度	70~80 线 / cm	至 120 线 / cm	60 线 / cm 以下
备 注	目前柔印品和胶凹、凹印产品相比仍有一些差距，但随着激光数字制版的普及会有重大改善		

(2) 柔性版印刷的缺点 虽然柔性版印刷有其特有的优势，但不可否认也有自身的缺点，需要操作者掌握其特有的规律，才能生产出理想的印刷品。

① 与凹印、胶印相比，柔印密度曲线不稳定，印版厚度变化对柔印质量有较大影响，这增加了柔性版彩色套印的难度。

② 柔性版印刷采用网纹辊传墨，印版的网线必须和网纹辊的线数相匹配，否则会造成高光区的小点陷入墨孔而印不出来，同时四色版的网角不能采用 45° ，否则易产生龟纹。

③ 网点增大较严重。因为柔性版硬度低，图文受挤压后容易变形，印刷过程中的网点增大比较严重，一般在 $16\% \sim 30\%$ ，中间调最高可达到 50% ， $2\% \sim 3\%$ 的网点增大至 15% ，甚至更高。在网点增大的影响下，柔性版印刷出的图像 10% 以下的高光层次严重丢失， 85% 以上暗调层次易变成实地。

④ 因为柔性版印刷的压力很小，压力稍有变化都会对印刷质量产生明显变化，压印力的控制变得非常重要。例如印刷压力操作不当时，会使实地、线条、文字出现边缘效应，以致丧失柔性版印刷色泽鲜艳、文字笔锋好的特点。

⑤ 柔印中的网点增大呈非线性变化，即这种变化与网点数不是成比例的。胶印网点的增大是等距离的，而柔印印版上网点越小，在印刷中由于受力面积小，受力后横向变形越大，增大越严重，这与柔印品要拉开色彩与阶调反差的要求正好相反。柔印网点呈如下变化趋势：在网点极小时，要么绝网（晒版造成的），要么增大至 15% 甚至更大的网点（印刷造成的）；暗调网点较易成为实地（晒版和印刷造成的）。正是由于上述原因，许多柔印品与胶印品相比显得灰暗，层次不明，不清晰，渐变在中、亮调部分容易出现杠子、绝网、过渡不够平稳柔和等现象。这也就决定了柔印制版必须采用特殊算法方能保证印品的层次丰富，即根据印刷机、承印物、图文使用不同的网线数；必须编制出不同的数据，使制出的柔性版能符合具体柔印的印刷情况，实现“像-数”转换及数字化生产管理系统，以保证印品的质量稳定。

柔性版印刷近年来迅速发展，成为最有活力的一种印刷方法，虽然它实质上仍属于凸版印刷的范畴，但其印版、油墨和压印过程都不同于传统的凸版印刷。由于对承印物的广泛的适应性、低廉的印刷成本，再加上良好的印刷效果（兼有凸版印刷的清晰、平版印刷的柔

和、凹版印刷的厚实和高光泽)，使其越来越受到印刷界和客户的青睐。塑料袋、软包装、复合包装、纸板和瓦楞纸等印刷，已越来越多地采用柔性版印刷，并且，许多国家还采用柔性版印刷报纸。

现在采用多色柔性版印刷的彩报，其质量与胶印的已经不相上下。总之，柔性版印刷正成为凸版印刷中最有发展前途的印刷方法，今后不再限于包装印刷，柔性版印刷将进入书刊印刷领域成为无所不能的印刷方式。

第十章 数字印刷技术

第一节 概 述

随着电子技术和计算机的飞速发展,将文字、图像、实物等模拟信息转换成数字信息进行存储传递的技术日臻成熟和完善。现代电子制版系统的发展,促使照相、分色、校色、创意、拼版等工艺在页面描述语言中有机结合,实现了图文合一。新型感光材料和印刷油墨的成功开发和应用,为印刷数字化奠定了基础。这些新技术的巧妙结合,使印前、印刷实现了数字式彩色一体化。

数字印刷系统是与传统印刷设备的概念迥然不同的现代化印刷系统。该系统不用软片,不经分色制版,省略了拼版、修版、装版对位、调墨、润版等工艺过程,不存在水、墨平衡问题,从而简化了工序,实现了短版、快速、实用、精美而经济的印刷工艺。

数字印刷系统主要包括以下四个方面:①数字式图文合一印前处理;②直接制版;③直接印刷(数字印刷);④直接数字式彩色打样。这些反映了当今印刷技术发展的最前沿。直接制版是将印前处理系统(CEPS或DTP)中编辑的数字式页面直接转换成印版的制版技术;数字式印刷(也叫直接印刷)则是将数字式页面直接转换成印刷品的印刷复制技术。因此,从系统构成的角度来看,直接制版和数字式印刷是图文合一印前处理系统分别与数字式印版扫描输出系统(Plate Setter)和高速数字式彩色硬拷贝系统(通常为数字式印刷机, Digital Printer/Press)相结合的产物。同时,高质量的数字式页面和适当的输出技术成为直接制版和数字式印刷的必要条件。数字式印刷系统的工艺流程如图10-1所示。

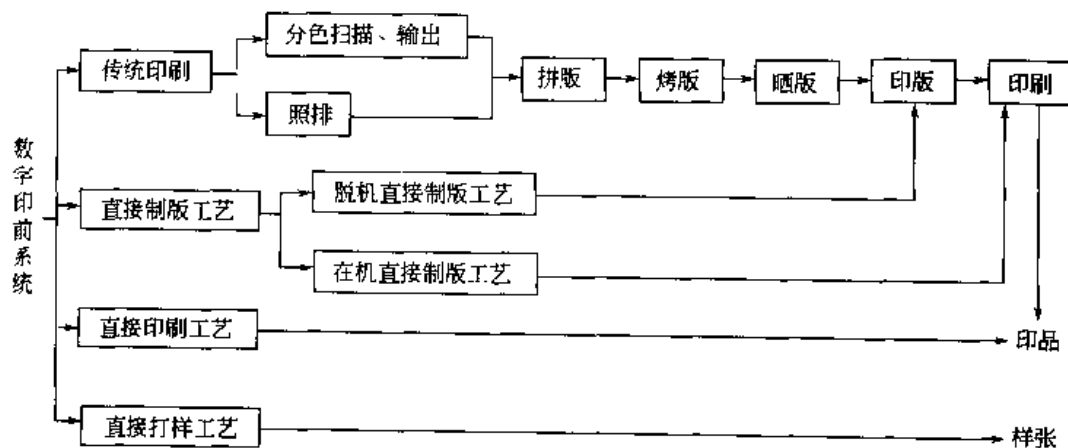


图 10-1 数字式印刷系统的工艺流程

CTP 是英文的缩写,是指由计算机到脱机直接制版技术(Computer to Plate)、由计算机到印刷机即在机直接制版技术(Computer to Press)、由计算机到直接印刷技术(Computer to Paper/Print)和由计算机到直接打样技术(Computer to Proof)之集合,即 CTP 技术包括直接制版技术、直接印刷技术和直接打样技术等三个工艺过程。由此看出,CTP

技术实际上是数字式印前电子处理技术和扫描输出技术相结合的产物，它实现了在不同媒体上直接扫描输出数字式整页版面，如图示直接制版技术的印版、直接印刷技术的印品和直接打样技术的样张等三种媒体，这样，从根本上改变了由原稿、制版到印刷这一传统的印刷工艺过程，不仅大大简化了工艺、缩短了生产周期，而且使“印刷”有了新的含义。

第二节 直接制版技术

一、直接制版技术工艺流程

直接制版技术是指由计算机到直接完成印版制作的工艺过程。

直接制版是通过数字式版面信息转换成点阵或位置（RIP）和印版照排机将印前电子系统的数字式版面信息直接扫描输出在印版版材上，然后经显影即制成印版，其工艺流程如图 10-2 所示。

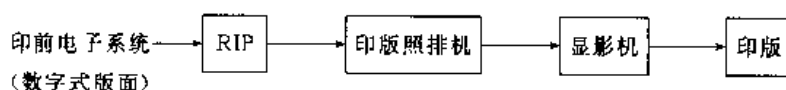


图 10-2 直接制版输出系统工艺流程

根据所制印版是通用印版还是在某一印刷机上所用的专用印版可将其分为脱机直接制版和在机直接制版两种不同的工艺。

1. RIP 与印版照排机

RIP 与印版照排机在整个直接制版输出系统中是连接印前电子系统和印版的关键设备。RIP 将印前电子系统的数字式版面信息转换成点阵或位置（bitmap），然后再通过印版照排机将其直接扫描输出在印版版材上。

① 扫描输出方式 目前已实用化的印版照排机的扫描输出方式主要采用内滚筒扫描、外滚筒扫描和平台式扫描等三种形式，扫描分辨力为 1000~4000dpi。扫描输出速度一般由扫描激光的功率和版材的感光度所决定，若采用多光束扫描输出可得到良好效果。现在已有 8 束、16 束、256 束、480 束等扫描光束。这样，一幅印版的扫描输出时间仅为 2~5min，基本上可以满足实用化要求。

② 光源 印版照排机扫描光源主要有氩离子激光（发光波长为 488nm，即蓝色激光），TAG 激光（发光波长为 532nm，即绿色激光）和半导体红外激光（发光波长为 780nm，即红外激光）三种。

2. 版材

由于直接扫描输出时每个像素（即激光点）的曝光时间很短，一般为 $10^{-4} \sim 10^{-6}$ s，因此，所用版材必须具有足够高的感光度和合理的显影性能及印刷适性。目前普遍认为，银盐感光材料和静电照相有机光导体材料是直接制版版材的理想材料，在直接版材开发中占有重要位置。

作为感光性树脂，因其感光度较低，感色区域一般在蓝色光和紫外光谱范围内，故不能直接用于扫描版材使用。但感光性高分子材料，因其具有高分辨力，加之显影处理简单，印刷适性良好，所以，经必要的技术处理即可提高感光性树脂的感色区域和感光度，完全适合激光直接扫描输出。

采用光热转换的热敏记录材料，如热升华型、热分解型等，虽其感光度很低，但是这一

体系曝光成像后往往不再需要显影处理，很有应用价值。为了弥补感光度的不足，可采用大功率的激光器。

目前，所用版材主要有以下几种：

- ① 超高感光度感光性树脂版材；
- ② 银盐扩散型版材；
- ③ 银盐与 PS 版复合型版材；
- ④ 热敏型版材。

直接制版版材的开发近年来有了长足进步，现已进入商品化生产阶段，版材的耐印力一般可达 10 万印以上。

3. 显影

直接版材显影与 PS 版相同，以碱性水溶液作为显影液。

4. 脱机直接制版与在机直接制版

(1) 在机直接制版 1991 年由海德堡公司推出的在机直接制版技术 (Direct Imaging, DI) (直接成像技术) 是直接制版的先例。其制版原理开始时采用电火花加工制版原理将数字式版面输出在 GTO 型胶印机印版滚筒上的无水平版版材上，后来经改进利用光热转换原理，以半导体激光为光源直接将数字式版面信息扫描输出在胶印机无水平版版材上，显著地提高了分辨力，取得良好效果。

如海德堡快霸 DI46-4 型四色直接成像印刷机是一个典型的在机直接制版系统，采用无水胶印版和激光直接刻蚀成像技术制版，完全可以满足中高档胶印市场的质量要求。严格意义上讲，快霸 DI46-4 型印刷机不是数字式印刷系统，只能是一种在机直接制版系统，因为它不具备数字式印刷系统从计算机直接到纸张/印刷品的特征，也不具备数字式印刷无版（至少是无固定版面印刷）和可变信息印刷的特点。因此，把该段内容放在直接制版这一节中讲述。

快霸 DI46-4 型印刷机除了具备海德堡胶印机原有的优点外，最显著的特点就是能够直接接受来自印前系统的 PostScript 数据，通过光栅图像处理器 RIP 转换成位图文件数据，在印刷机印版滚筒上直接成像，省去了传统胶印机中的软片、PS 版曝光、显影等工序，只需 15min 即可印刷 500 张四色八开幅面的单面印件 59 线/cm (150 线/in)。

快霸 DI46-4 型印刷机使用专用印版和专用油墨，能承印 0.03~0.06mm 厚的涂料纸、非涂料纸、铜版纸、再生纸和纸板等，用纸幅面为 89mm×140mm~340mm×460mm。既可印三原色，又可印专色。经济起印数为 200 份，由于印版耐印率高达 2 万印，印速高达 1 万印/h，所以也能印中批量活件。由于采用无水胶印，省去了设定水墨平衡的时间，由于墨层干燥快，缩短了翻页印刷的等待时间。

快霸 DI 系统的组成如图 10-3 所示，来自 Macintosh 或 Windows 系统的 PostScript 数据通过以太网传到快霸 DI 的 RIP 上，通过以太网传送 TIFF 位图，与印刷系统相连接。DI 系统为短版四色印刷提供系统方案，并具有良好的用户界面和兼容性，面数据的质量和数量主要取决于所配置的海德堡 RIP。

① DI 系统的 RIP 的功能及特征

a. 利用图形用户界面和鼠标器可简单地操作光栅图像处理器 (RIP)，使操作者随时从状态显示中了解作业情况。

b. 通过屏幕软打样还可对每个作业的分色文件进行单色或套印检查。

c. RIP 对页面以所选的输出精度 (1270dpi 或 2540dpi) 进行光栅处理。

d. RIP 能同时进行多步处理, 包括 PostScript 数据的读取和解释, 光栅处理 (位图文件的生成) 以及输出, 当对一个页面进行解释时, 可同时将另一个页面输出到 DI46-4 印刷机上, 如配有功能强大的硬件平台支持, 速度会更快。

e. RIP 既可以接受已分色的 PostScript 文件 (即 CMYK 形式), 也可以接受未分色的而由 RIP 来执行分色 (由 RGB 数据向 CMYK 的转换) 的文件。

f. 光栅化加网算法能够在 1270dpi 分辨率下加 60 线/cm (150 线/in) 的网线时达到高质量, 产生平滑的层次渐变; 在 2540dpi 分辨率下加 80 线/cm (200 线/in) 的网线可获得足够的灰度级数。

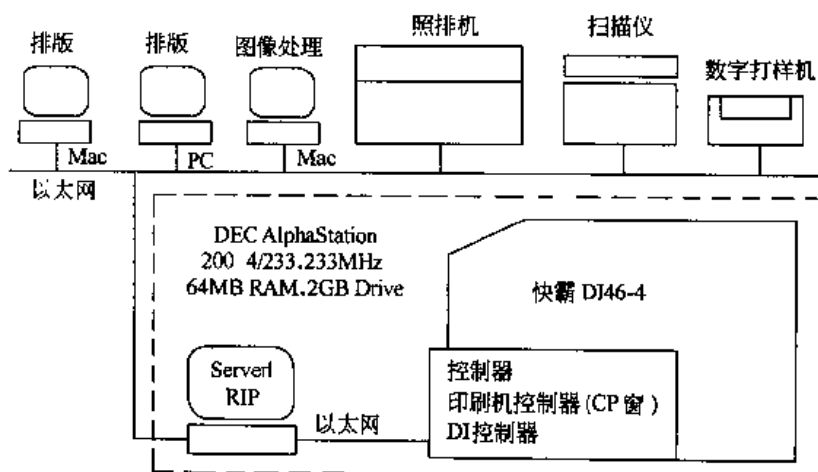


图 10-3 快霸 DI 系统的组成

② 硬件平台 快霸 DI46 系统采用 DEC 公司的 Alphastation 500a/233 硬件平台, 并配有 Alpha AXP 处理器, 可以进行 CAD 等领域的应用。

该硬件平台是 64 位系统, 配有 64 兆字节内存, 233MHz 的时钟频率, 一块 PC 以太网卡和一个以太网接口分别连到印前网络和 DI 印刷机。内置 $2 \times 4\text{GB}$ 字节容量硬盘用作已经 RIP 解释过的印刷作业的页面缓冲存储空间。

③ 操作系统 DI 系统的 RIP 在 Microsoft Windows NT Server3.5 操作系统下运行。Windows NT 的处理能力很强, 可以同时执行 n 个不同任务, 如数据的光栅化, 传输数据到印刷机以及缓冲接收 PostScript 作业。Windows NT 的用户界面与 Windows 3.1 非常相似, 极大地方便了用户对系统的使用。

目前海德堡公司又推出海德堡 Speedmaster 74 DI (速霸 74 DI) 直接成像印刷机。该机是以海德堡速霸 74 胶印机为基础制造, 其最高印速为 15000 张/h, 最多可以进行六色印刷, 还可以附加上光、翻转和干燥等。印刷的纸张厚度为 0.03~0.6mm。速霸 74DI 使用感热铝基胶印版, 记录幅面为 $605\text{mm} \times 745\text{mm}$, 记录分辨率为 2400dpi。印版记录时采用 Creo 公司的方形点技术, 可以六色同时进行, 3.5min 即可记录完毕, 印版记录后无需实施后处理。在使用自动装版装置的情况下, 包括数据传输、自动装版、印版记录等过程所需要的时间仅 10min。由于采用了 CPC 和 CP-Tronic 统一进行自动装版、自动清洗、自动套准、自动墨量和润版液量控制, 因此, 印刷的质量和效率达到了较高水平。

(2) 脱机直接制版 脱机直接制版是由制版机独立完成印版制作, 为各印刷机提供所用印版。这种制版工艺可充分发挥制版机的生产能力, 提高设备的利用率, 同时, 对印刷机而

言,又可不受印版的限制,从实用性看,脱机直接制版更便于推广使用。

二、目前较流行的直接制版系统简介

1. 丹麦宝禄德福 (Purup-Eskofot) 公司的直接制版系统

(1) Dicon CTP 系统 Purup-Eskofot 公司在 DRUPA 2000 展览会上推出的 Dicon CTP 系统。该系统可使用传统胶印印版,每小时可曝光并处理 30~50 张对开印版。其使用的传统印版既可以是阴图型,也可以是阳图型。

这种使用传统印版的直接制版技术可以说是 CTP 技术真正的突破,将会改变过去几年来在 CTP 市场上热成像技术一统天下的局面。据称这种新技术将会改变 CTP 市场的未来,并取代目前在 CTP 市场上大行其道的热成像技术。

Dicon 系统使用光导纤维,将紫外光通过若干个由光转换开关阵列 (LSA) 组成的曝光条,对印版进行曝光。曝光条的宽度与印版的最大宽度相等,每一个曝光点的尺寸为 $20\mu\text{m}$ 。曝光条对印版进行连续曝光,印版在曝光条下以 10mm/s 的速度向前运动。Dicon 的成像精度是 2540dpi ,也可以选择 1270dpi 。印版的尺寸为 $510\text{mm}\times 400\text{mm}\sim 1125\text{mm}\times 825\text{mm}$,厚度范围为 $0.15\sim 0.4\text{mm}$ 。

与传统印版的晒版条件相同,该系统可以在日光下操作,可同时进行多个工作,同时对不同的印版进行装版、曝光、打孔和冲洗,生产效率非常高。该系统采用该公司的 New Age RIP,运行于 Windows NT。若使用数字打样材料,该系统还可以作为数字打样机使用。

(2) DMX 直接制版系统 Purup-Eskofot 公司新近推出速度更快的 DMX CTP 系统,每小时可以输出 75~90 张印版。速度加快的主要原因是该系统的马达转速由 $3\times 10^4\text{r/min}$ 提高到了 $6\times 10^4\text{r/min}$ 。

DMX 是内鼓式系统,采用 DF-YAG1 钇铝石榴石激光,高自动化,操作极为简便。目前有 DMX 2737、DMX 3141 和新型 DMX 2737、DMX 3141 等四种机型。DMX 3141 的最大印版尺寸为 $790\text{mm}\times 1030\text{mm}$,DMX 2737 的最大印版尺寸是 $690\text{mm}\times 940\text{mm}$,可处理 $0.2\sim 0.35\text{mm}$ 厚的印版。

2. 爱克发 (AGFA) 公司的直接制版系统

爱克发针对不同客户需求提供多种 CTP 解决方案。

① Galileo Talant 直接制版机是不需要显影的热敏版制版机,采用热烧蚀技术,内鼓式结构,用爱克发新型 Mistral 版材成像,精度达 120 线/cm (300 线/in),不烤版耐印率达 50 万印。

② Galileo Thermal S 内鼓式热敏制版机光源为 1064nm 激光,电机转速可达 $2\times 10^4\text{r/min}$,用爱克发 Thermostar P 971 版材成像,可升级至 Galileo Talant。

③ X-Calibur VLF 及高速 X-Galibur VLF 超大幅面外鼓式热敏版制版机每小时可分别输出 8.2 张和 13.3 张幅面为 $1140\text{mm}\times 1450\text{mm}$ 的印版,这两种制版机均使用 830nm 固体纤维激光,用 Thermostar P 970 热敏版成像。

④ Galileo VS 及 Galileo VXT 是两种紫激光二极管内鼓式制版系统,激光波长为 400nm 。VS 型每小时可输出 16 张分辨率为 2400dpi 的印版 (幅宽为 1030mm),VXT 型在 2400dpi 下每小时可输出 21 张幅宽为 1030mm 的印版。两种制版机均采用爱克发最新的 Lithostar Ultra 卤化银版材成像,操作方便。

⑤ Polaris 200 型是新产品,有两个激光头,可同时对两张印版成像,在 1016dpi 下每

小时可输出 235 张印版。Polaris 系列还有 100 型、100E 型及 100L 型。所有 Polaris 制版机均采用优质感光树脂版材及卤化银数字化印版成像。

在 CTP 制版方面, 爱克发使其生产的直接制版机与版材完美地结合, 使用户通过使用其提供的多种不同方案获得成功。

3. 德国 Krause 公司的直接制版系统

创建于 1855 年的德国 Krause 公司是 CTP 市场上的主要供应商。它提供用于报纸印刷、商业印刷、包装印刷、书刊印刷等不同领域的产品, 直接制版机的幅面有四开、对开乃至超大幅面, 其产品可以整合到第三方的工作流程中, 也可以提供自己的工作流程。

(1) LS 140V 超大幅面直接制版机 Krause 在 DRUPA 2000 展览会上展示了 LS40V 超大幅面直接制版机, 这种制版机采用了 405nm 的紫激光二极管, 这是世界上第一个应用紫激光二极管的超大幅面直接制版机。通常大多数印刷者的印量为 25 万份左右, 这就要求印版曝光速度快、成本低。紫激光制版机提供了最佳的性能价格比。新的紫激光二极管分辨率为 2400dpi, 对于对开版曝光速度为 1.5~2min, 这意味着每小时可生产 30 块这样的印版。

(2) LS 110C 自动进版直接制版机 这是一款可供报纸和商业印刷共同使用的机型。它结合了商业印刷对高分辨率质量的要求和报纸印刷对高产量的要求。客户往往在白天将它用于商业印刷制版, 晚上则可用于报纸印刷制版。它的分辨率是 1016~2540dpi, 可使用感光树脂型印版和银盐版。对开版每小时产量可达 140 张 (报纸印刷用) 或 25 张 (商业印刷用) 印版。

第三节 直接印刷技术

数字印刷就是利用印前系统将图文信息直接转换成印刷品的一种印刷复制技术。它是与传统的印刷概念完全不同的一种现代化印刷方式, 它不需要胶片和印版, 无水墨平衡问题, 简化了传统印刷工艺中十几道繁琐的工序及省去了操作人员的体力劳动。它是一种快速、实用、经济、适合于彩色短版的全新印刷工艺。

数字印刷机实际上是一台高速数字式彩色硬拷贝输出机, 它直接接受从印前处理系统传来的数字式信息 (数字式页面) 并将其转换成黑白/彩色硬拷贝 (印刷品)。

从实际应用出发, 可根据其分辨率或生产能力定义数字印刷系统。

① 数字印刷系统的分辨率应在 600dpi 以上。如果低于 600dpi, 应使网点随亮度值的变化而变化。数字印刷系统与彩色打印机的区别在于, 彩色打印机只能以 300dpi 的分辨率打印印品, 而且其点子不会随亮度改变。

② 数字印刷系统每小时至少要能印 1500 份四色 A4 的页面 (单面印刷)。如印刷能力低于 1500 份, 可按数字式打样系统或数字式办公打印机、复印机 (如 CLC 800) 进一步分类。

一、数字印刷技术工艺与优点

1. 数字式直接印刷工艺

数字式直接印刷是由图文合一的印前处理系统和数字式印刷机相结合组成的。印刷机仅需 1 人操作。人们可以将原稿、电子文件或从 Internet 网络系统上接收的各种网络文件输入计算机, 在计算机上进行创意、修改, 编排成为用户满意的内容和形式。这些数字化的信息最后经 RIP 加网装置处理, 成为相应的单色像素数字信号传至激光控制器, 发射出相应的单色激光束, 对印版滚筒进行扫描。由感光材料制成的印版滚筒经感光后形成可以吸附油墨

或墨粉的图文，然后转印到纸张等承印物上。

2. 数字式印刷的优点

数字式直接印刷与传统胶印工艺比较，其优点如下：

- ① 直接接受从电子印前系统传来的数字信息，在印刷机上直接成像；
- ② 无需印版和胶片，省去了印刷材料和制版等设备；
- ③ 印刷过程中可以随时更换信息，所以更新内容快，交货快，能减少产品的库存量；
- ④ 简化了工艺流程，生产效率高；
- ⑤ 可以通过计算机网络将数字信息传送到任何地方进行异地印刷；

⑥ 由于没有印版，数百份（或 1 份）以内印刷品的成本比传统印刷要低，适合于短版快速彩色印刷市场。

由此看出，数字式印刷的优点集中体现在其优秀的生产工艺流程，即从计算机到纸张/印刷品（Computer to Paper/Print），是一个完全的数字式过程，实现了数字式页面向印刷品的直接转化，而且没有任何中介环节，连印版都将不再使用。无版（Plateless）实际上是数字式印刷的另一个非常重要的区别于传统印刷的特点。正因为无版，数字式印刷任何相邻的两张印品都可以不一样，即可以实现所谓的可变信息印刷（Variable Information Printing），而这是传统印刷完全不可能实现的；也正因为无版，数字式印刷产生的印刷品不再包括制版的成本，印刷品的价格基本上与印数的多少没有关系，印一张与印一千张、一万张以上的单价基本上一样，而传统印刷由于含有制版的成本，印数与成本之间有密切的关系。由于这些特点，数字式印刷被认为是一种可以提供信息的个人化服务的印刷方式，也就是说顾客要什么就印什么，这也就是今天常说的按需印刷（On-demand Printing）的基本概念。

二、数字印刷机类型

数字印刷机品种很多，常见的主要有以下几种分类方法。

1. 从印刷方式分

（1）直接印刷 由印版直接印在纸上如爱克发公司、Xeikon 公司、IBM 公司等印刷机。

（2）间接印刷 如同传统的胶印机一样，由橡皮滚筒转印。这种数字印刷机基本上保持了胶印机的特点。以色列 Indigo 公司 E-Print 1000 型机、KBA 公司的 74karat 型机（无水胶印）、捷克 Adast 公司的 705CDI Dominant 机（无水胶印）、罗兰公司和高斯公司的数字印刷机，都属于间接印刷的数字印刷机。

（3）喷墨印刷 这是真正的数字印刷。利用计算机控制的喷嘴将油墨直接喷在纸（承印物）上，是一种无版无滚筒的与传统印刷完全不同的印刷方式。

2. 从运用印版的形式分

（1）一次性使用印版 海德堡公司、KBA 公司目前采用。

（2）多次重复使用印版 以色列 Indigo 公司、爱克发公司、Xeikon 公司、IBM 公司、罗兰公司、高斯公司等目前采用。

（3）无印版 即喷墨印刷。

3. 从印版工作原理分

（1）印刷图像可存储，但不能擦掉，只能一次使用。

（2）印刷图像可存储，需要时可擦掉，可以多次使用。

（3）印刷图像不能存储，每次印刷后图像即不存在，再印刷需重新成像。

4. 从印刷量来分

已经推向市场的数字印刷机还只适合小批量印刷。

(1) 少量印刷 一般印量在 100~500 份, 即 200 份左右, 使用喷墨印刷和直接印刷的数字印刷机(印版可重复使用的)。100 份以下的印品可使用这种数字印刷机, 也可使用彩色复印机。以色列 Indigo 公司产品适合印量在 500 份左右。

(2) 中、大量印刷 据称高斯公司和罗兰公司即将推向市场的产品适合不同批量印刷, 从小量到大量印刷均可。高斯公司称其 ADOPT/CP 机可印刷 100~100 万份印品。

三、数字印刷系统的工作原理

上述脱机直接制版和在机直接制版都属于有版印刷, 而直接印刷技术是将数字式版面直接转换成印品的一种特殊印刷方式, 它体现了由计算机直接到印品的印刷复制过程, 数字链已从印前电子处理系统延伸到印刷品。因此, 有的也将其称为数字式印刷或无版印刷。

1. 系统的构成

直接印刷技术由印前电子系统和数字式硬拷贝输出系统所构成。实际上, 将计算机配上适当的硬拷贝输出终端即可形成一个直接印刷系统。

直接印刷系统的关键是硬拷贝技术的输出速度应能满足大量复制的基本要求, 同时, 还必须实现彩色化并具有较高的分辨力及良好的操作性能。

2. 工作原理

到目前为止, 直接印刷的原理包括两个方面: 一是利用静电照相原理, 由计算机控制的激光光束在充电后的光导鼓上扫描形成静电潜像, 然后经液体或干式色粉显影处理转换成彩色影像, 最后经中间载体橡皮布将其转印到承印物上。这种直接印刷方式实际上是属于无固定版式印刷, 即光导鼓上的潜像相当于版面, 可通过计算机指令随时可以改变。二是利用喷墨打印原理将数字式版面信息通过计算机指令控制喷嘴将墨滴喷射在承印物上成像, 它属于无版无压印刷。

3. 直接印刷的技术指标

目前, 直接印刷系统的印刷速度黑白印刷可达 8000 张/h, 彩色印刷可达 4000 张/h, 分辨力一般为 600dpi。可以认为, 直接印刷系统已进入实用化阶段。

四、Indigo 系列数字式印刷机

1993 年, 以色列 Indigo 公司推出了世界上第一台数字式彩色印刷机 E-Print1000 型, 在印刷业掀起了一场新技术革命。Indigo 数字式彩色印刷技术改变了传统的印刷过程, 它把计算机网络、数据处理、激光成像、液体电子油墨新材料等高新技术巧妙地结合在一起, 创造了一个与传统印刷迥然不同的印刷新概念。数字式印刷已成为未来印刷技术革命的发展方向。

1. 印刷机工作原理

Indigo 印刷机工作原理如图 10-4 所示。通过网络或磁介质接受到电子印前系统做好的印刷电子文件后, 对数据进行 RIP 处理, 再利用激光成像系统在成像版上形成光电网点图像, 图像带有负电荷; 喷墨装置将带有正电荷的电子油墨喷射到成像版上, 迅速形成油墨图像, 继而转印到橡皮布上, 通过压印和静电形成使橡皮布上的油墨 100% 地转印到纸或其它介质。在转印过程中, 版滚筒按照色序每旋转一周印一种颜色, 而橡皮布上不残留任何墨迹。这主要与 Indigo 独特的电子液体油墨有关, 这种特性使 Indigo 印刷机只有一组滚筒就可完成四色或六色印刷。

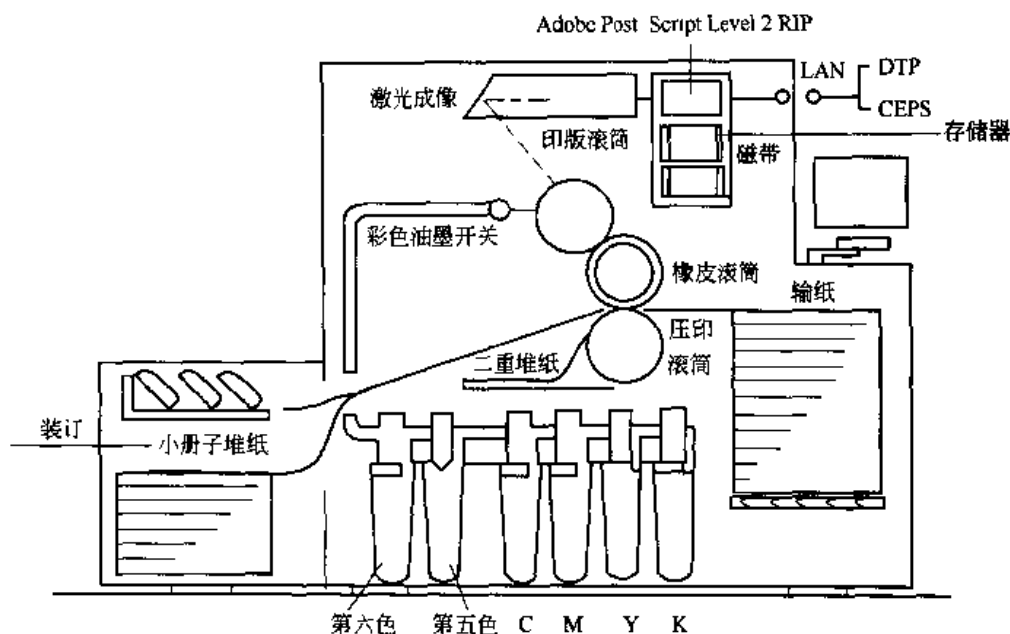


图 10-4 Indigo 数字式印刷机工作原理

Indigo 数字式印刷机的基本工作流程如图 10-5 所示。不用胶片，也无需晒制印版，只需将 Mac 计算机处理好的图像（也可包括文字）的 PS 文件，送入 Sun 工作站，由内置的 RIP 对 PS 文件进行栅格化处理，而将图像文件转换成不同加网线数、加网角度和网点形状的点阵信息。用这些信息控制六束激光的“开”或“关”，而在成像滚筒的有机光导体表面扫描，形成带正电的图文区域和不带电的非图文区域。当带负电的液体电子油墨喷出时，便被吸附到图文区域，接着图文被转移到橡皮滚筒上。此时，第一色黄便印刷到橡皮滚筒与压印滚筒之间的承印物纸张上。往复四次，便可完成四色套印。

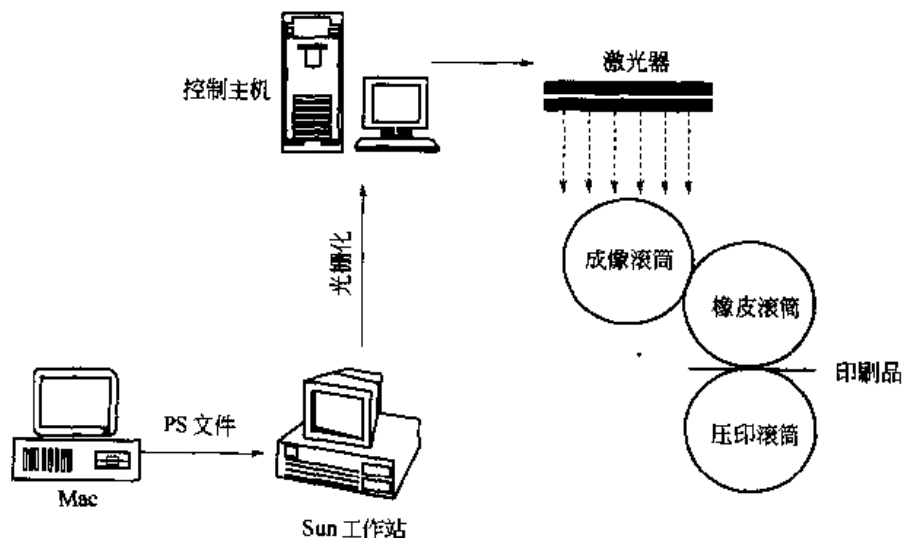


图 10-5 Indigo 数字式印刷机的基本工作流程

由上述过程可知，Indigo 印刷机与传统印刷机存在很大不同。不仅所用油墨不同，影响颜色再现的重要参数如网点扩大值等也不同。

2. 印刷机用油墨

Indigo 独特的电子液体油墨与传统油墨具有相同的色相，其微粒直径小于 $1\mu\text{m}$ ，保证

了图像的高解像度和清晰度。与传统油墨不同的是,液体电子油墨在介质上的固化不是依赖于墨膜干燥的时间。电子油墨的基本材料是新型树脂材料,而不是油性材料,在与纸或其它介质接触时能立即固化,印出的图像更加清晰,网点的边缘没有虚化及扩散。

Indigo 公司自行研制的 IndiChrome 油墨调制系统,可调制各种专色油墨。该系统分为随机和机外两套系统,可满足客户的不同需求。

3. 数字印刷特性

Indigo 数字式印刷机印刷精度可达 60 线/cm (150 线/in) 和 100 线/cm (250 线/in)。除了常规的四色印刷以外,还可以再加印两种颜色,进行六色印刷。它能在多种介质上进行印刷,如 PVC、ABS、PET、塑料薄膜、不干胶等。Indigo 数字式印刷机还具有自动双面印、自动配页、自动装订成册、个性化印刷、系统网络化等功能。只要将电子文件输入 Indigo 数字式印刷机,马上就能印刷出所需的彩色印刷品,实现真正的快速印刷。印版可反复擦写使用,可实现真正的全数字印刷,做到一张起印,连续印刷时每张印品的内容都可以不同,这是 Indigo 的个性化特点。

Indigo 公司在 1997 年的印刷媒体出版 (IMPRINTA) 展览会上所展示的新产品有全欧分布式印刷网络和新开发的 Indigo E-Print 1000⁺ 数字式彩色印刷机,该机型实际在 1996 年已经研制成功。包括六色高保真印刷、数字式混色、数据库印刷工具、新的印刷材料和应用软件以及 Mark III ElectroInk 电子油墨产品。这些产品可以满足从短版印刷到快速彩色印刷,从与数据库连接的个性化印刷到按需印刷等各个领域的需求。

该机采用特殊导体版材,通过激光束扫描,印刷一次扫描一次,每次印刷后,前次形成的潜影即消除,需重新扫描形成新的潜影。与 E-Print 1000 相比,主要改进是设有一新型的照相成像印版 (Photo imaging Plate),以提高印刷效果;另一改进是电子油墨供墨装置,可增加 30% 的油墨转印能力。此外,还具备以下特性。

① PRINT-IT 分布印刷网络将提供真正分布式的按需印刷服务,用高质量数字式彩色印刷加上分布式出版网络来实现按需印刷。该网络由客户、服务提供者、网络提供者和厂商组成,涉及印刷活件从设计到发行的全电子式管理。DENIA 遥控印刷软件可使创作人员设计普通的办公及会议材料,然后用 E-Print 1000⁺ 数字印刷机印刷。

② Indichrome 数字式混色系统为用户较好的匹配 Pantone 色彩提供了功能较强的工具,可为用户提供公司标色。系统包括使用 VISU ICISS 六色分色软件和 Adobe Page Maker 6.5 在内的全部印前功能。六色印刷能力加上液态 ElectroInk 电子油墨使 E-Print 1000⁺ 印刷机成为高保真或大呈色域印刷系统,另一种 Indichrome 油墨则适用于高保真彩色印刷。标识第五色、第六色,加上原来的 CMYK 四种颜色,使印品的呈色域尽可能加宽。

③ 使用 DM Pack 软件,通过改版和个性化功能,可为中小企业直接邮递促销品(包括信封、个性化的信函、传单和回执卡);Pick and Pull 软件可提供完整的个性化包装,会使彩色图像、图形和文字重新具有新用途。这种应用软件采用了固定的可重新使用、排列的数据,完善了工艺流程,使个性化印刷变得像其它短版彩色活件那样容易。

4. Indigo 印刷机的发展状况

Indigo 继推出 E-Print 1000⁺ 之后,在 1998 年 Ipex 展览会上,Indigo 又展出其印刷机家族,其中包括 E-Print Pro 及 Ultra Stream 两种新型数字式印刷机。E-Print Pro 是一种进入级产品,可提供与 Indigo 家族中的高档 Turbo Stream 数字式印刷机同样的输出质量,Turbo Stream 最突出的特点是可以不停地连续印刷不同作业任务,特别适合于那些诸如电子

排序、版本化以及个性化的印刷作业，具有极高的生产效率，最多可同时允许六色印刷。Ultra Stream 是为大生产环境设计的，具有七色印刷功能，并有两倍于 E-Print 1000 的速度，是整个产品系列中具有最高速度和生产效率的印刷机，特别适合于大批量生产的印刷作业。Omnius Card Press 卡片彩色机在个性化方面表现的优势（连续印刷卡片，每张各不相同）可算是现今卡片印刷行业中惟一的数字式卡片印刷机，专门设计用于塑料类（如 PVC）承印物的印制，最多可同时允许六色印刷。

Indigo 数字式印刷机目前已形成 E-Print Pro（普及型印刷机）、E-Print Turbostream（特性化印刷机）、E-Print Ultra Stream（高速印刷机）、Omnius Card Press（彩色印卡机）和 Omnius（卷筒纸印刷）五大产品系列。

五、数字印刷机发展趋势

数字式印刷机成为数字式页面向印刷品转换的输出工具，而数字式页面的传输主要靠网络技术或高密数字式存储媒介（如光盘、光磁盘、硬盘等）完成。数字式印刷技术与网络技术的这种结合将彻底改变传统的印刷生产模式。传统印刷的生产模式实际上是一种依靠实物载体转换、仓储和交通运输的生产模式，而新型的印刷生产模式是一种“建立在数字式信息传送和高密存储基础上的生产模式”。

数字式印刷与网络技术的这种融合还可以派生出一种崭新的出版模式，即所谓的按需出版（On-demand Publishing）。在这种新型的出版模式中，出版物的生产制作和销售涉及的所有要素，如作者、美术设计、广告中心、出版社、印刷厂/印前处理中心、顾客等，都由网络连接成为一个整体，所有工作都通过网络按数字式方式进行，不再采用传统生产模式所必需的实物载体（如稿件、胶片、印版等），只有在最终与顾客见面时，才转换成顾客所需要的出版物。只要在网络可以覆盖的范围，从原理上讲这种出版模式就没有时间和空间的限制，可以提供最完善的出版服务。像我国这样一个土地辽阔、城镇分布范围广、交通不便的国家，这种出版模式应该说具有极大的发展前景。

数字式印刷是 20 世纪 90 年代初期国际上刚刚出现的一种印刷模式，这种技术在出现的初期被认为将取代轻印刷，成为短版印刷市场的一种主要印刷方式，印数的最佳定位在一份到数百份（或上千份）。这种观点主要着眼于数字印刷在低印数时的成本优势。无疑数字式印刷在这方面确实占有优势，但如果仅仅将数字式印刷定位在短版印刷市场，可以肯定地说有点大材小用。信息的个人化按需服务应该说是数字式印刷的最大魅力之所在，而这正是传统印刷所望尘莫及的。如果将数字式印刷技术和网络技术相结合，这种优势将得到更进一步的体现，开辟一个崭新的印刷市场，提供图文信息的按需服务。

第四节 直接数字式彩色打样系统

直接数字式彩色打样系统是随 DTP 的发展逐渐形成和发展的，是对数字图像的重要检验手段。

一、直接数字式彩色打样系统的作用

各种连续调图像，经扫描器（如电分机的扫描头）的扫描或经彩色摄像机摄像并数字化后，就变成了彩色数字图像，这些图像可送到计算机中保存起来，或被取出在计算机上做某种形式的处理或其它数字图像或文字稿进行组版，形成数字版文件。在对这些数字图像进行处理或拼版组版过程中，经常要对计算机处理的结果或组好版的文件进行检查，用户也会

提出审查意见。如不满意还要进行修改或重做,这种检查技术就是直接数字式彩色打样技术。

直接数字式彩色打样(Direct Digital Color Proofing, DDCP),是将数字式彩色版面直接转换成彩色样张的工艺过程,即由计算机直接获得样张的数字式过程。

DDCP系统是一种较为理想的配套技术。一方面,在传统电分制版过程中,利用DDCP系统可在输出胶片之前提供彩色样张。另一方面,在直接制版过程中,DDCP可以在印版输出之前给出样张,以检查印前处理质量并预示最终印刷效果。此外,DDCP系统在直接制版工艺中更具有重要意义,因为直接制版是不需要软片的制版方法,若没有DDCP系统,为了获得样张还要专门为制作样张而输出银盐软片。因此,DDCP是直接制版技术不可缺少的配套设备。

二、数字式彩色打样系统的输出模式

数字式彩色打样系统的输出模式分为软打样和硬打样,软打样用图像监视器,硬打样使用各种打印机。在做印版之前,一定要有数字式打样的样张。

1. 硬拷贝输出模式

硬拷贝输出模式直接输出彩色硬拷贝,也称之为硬打样。一般采用数字式彩色硬拷贝技术制作出样张。目前应用较多的有染料热升华型、静电照相型、喷墨打印型、银盐彩色照相和热蜡转移型等。特别是染料热升华型,虽其打样系统的分辨力不高,但样张质量很好,可以达到连续调效果。另外,DDCP系统中采用的彩色硬拷贝均属无压成像系统,加之显示剂和承印材料也不能与实际印刷时完全相同,如靠喷墨打样染料热升华的DDCP就是其中一例,这些因素都是造成样张与实际印品存在差异的原因,不过这些问题都可通过计算机图像处理技术加以补偿。

2. 软拷贝输出模式

软拷贝输出模式又称为软打样,即直接输出软拷贝将彩色版面在荧光屏上显示出来。这种输出模式具有高速、低成本的优点,但是荧光屏显示是采用色光加色法原理呈色的,而实际印品则是靠色料(油墨)减色法原理呈色的,加之这两种最终的图像载体也相差较大,因此,软打样的样张很难做到与实际印品相一致,所以,这种输出模式主要作为内校使用。

三、数字式彩色打样系统的特点

与印刷打样相比,数字式彩色打样系统灵活性强,省工、省时、省料,可随时监测制版过程,可及时发现问题并采取修改措施,可供客户修改校样、签样,为制版提供依据。数字式彩色打样系统的突出优点是可以异地打样,即将数字版或数字图像用卫星传到异地。但它不能完全代替印刷打样为上机印刷提供依据。

参 考 文 献

- 1 [美] David Blatner, Glenn Fleishman, Steve Roth. 扫描与半色调处理. 北京: 清华大学出版社, 2000
- 2 [美] Martin Greenwald, John Luttrupp. 图像信息交换: 从设计到制作. 北京: 中国水利水电出版社, 1998
- 3 殷幼芳. 实用电子分色制版技术. 北京: 印刷工业出版社, 1998
- 4 金银河. 印刷工艺. 北京: 中国轻工业出版社, 2001
- 5 周宝根. 电脑图像色彩处理——Photoshop 高级应用. 北京: 人民邮电出版社, 2000
- 6 刘武辉. 电脑平面设计及印前图文处理 500 问. 北京: 北京希望电子出版社, 2000
- 7 张逸新. 分色制版新技术. 北京: 中国轻工业出版社, 2001
- 8 姚海根. 数字加网技术. 北京: 印刷工业出版社, 2000
- 9 宋协祝, 金杨, 郝清霞. 平版制版工艺. 北京: 印刷工业出版社, 2001
- 10 金银河. 包装印刷. 北京: 印刷工业出版社, 1997
- 11 徐锦林, 周世生等. 胶印图像制版原理. 西安: 陕西科学出版社, 1998
- 12 刘昕. 胶印印刷工艺原理. 北京: 印刷工业出版社, 2000
- 13 凤子. 电子分色制版工程. 北京: 印刷工业出版社, 1997
- 14 胡成发. 印刷色彩与色度学. 北京: 印刷工业出版社, 1993
- 15 刘扬. 印刷设计. 成都: 西南师范大学出版社, 1998
- 16 钱军浩. 现代印刷机与质量控制技术. 北京: 中国轻工业出版社, 2001